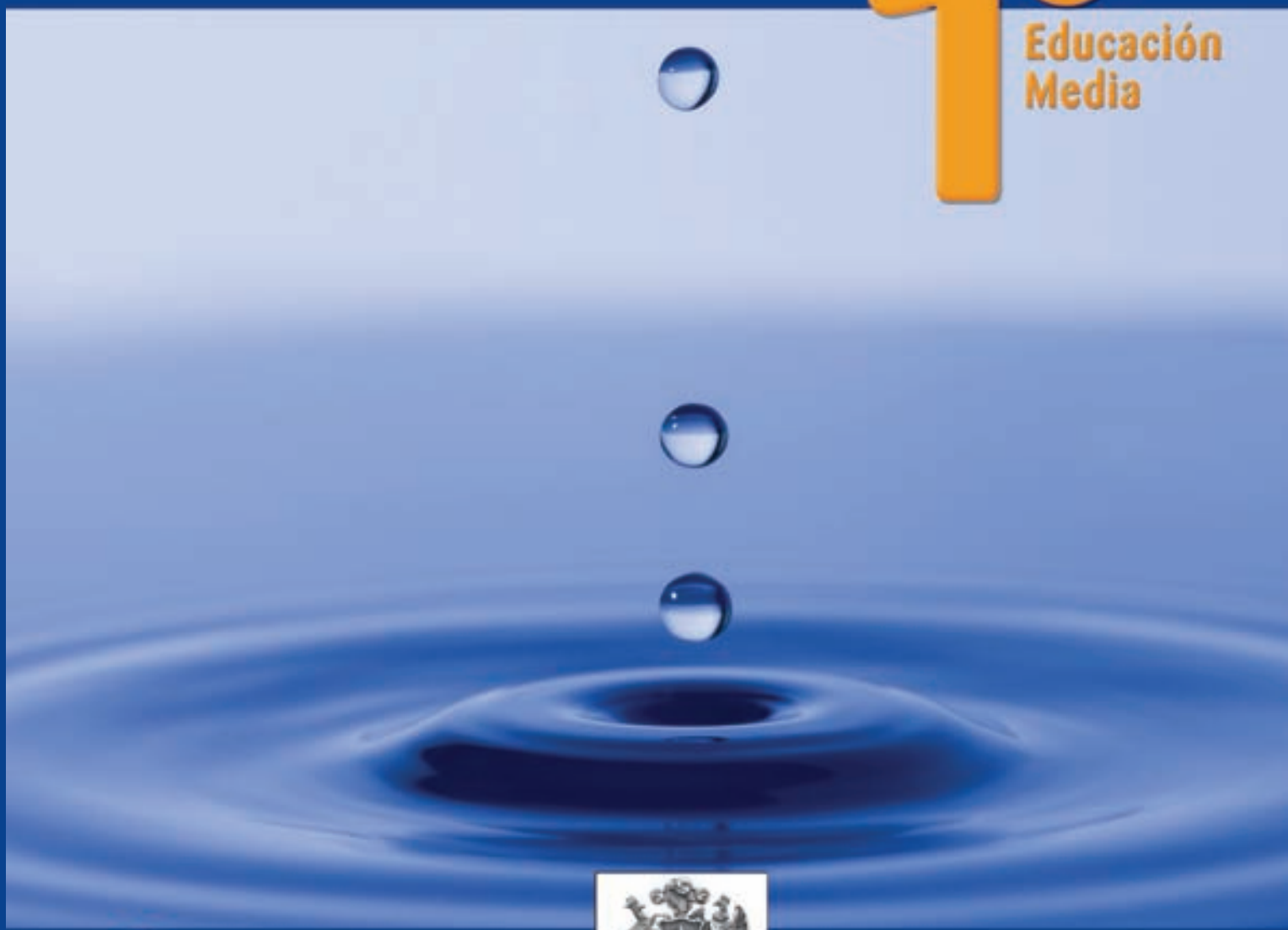
TEXTO DEL ESTUDIANTE

FÍSICA

MACARENA HERRERA AGUAYO
FELIPE MONCADA MIJIC
PABLO VALDÉS ARRIAGADA

1° Educación Media



AÑO 2011

EDICIÓN ESPECIAL PARA
EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACIÓN

Santillana

TEXTO DEL ESTUDIANTE

FÍSICA

1° Educación Media

Macarena Herrera Aguayo
Licenciada en Educación,
Profesora de Física y Matemática,
Universidad de Santiago de Chile

Felipe Moncada Mijic
Licenciado en Educación
Profesor de Física y Matemática,
Universidad de Santiago de Chile

Pablo Valdés Arriagada
Licenciado en Educación
Profesor de Física y Matemática,
Universidad de Santiago de Chile
Magíster(c) en Educación de las Ciencias Mención Física
Universidad de Talca

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACIÓN

El Texto del Estudiante **Física 1° Educación Media** es una obra colectiva, creada y diseñada por el Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana, bajo la dirección de

MANUEL JOSÉ ROJAS LEIVA

COORDINACIÓN DEL PROYECTO:
Eugenia Águila Garay

COORDINACIÓN ÁREA CIENCIAS:
Marisol Flores Prado

AUTORES:
Macarena Herrera Aguayo
Felipe Moncada Mijic
Pablo Valdés Arriagada

EDICIÓN:
Pablo Valdés Arriagada

AYUDANTES DE EDICIÓN:
Juan Pablo Gajardo Fuentes
Rodrigo Mora Cárdenas

REVISIÓN DE ESPECIALISTA:
Marco Olivares Rubilar

CORRECCIÓN DE ESTILO:
Isabel Spoerer Varela
Astrid Fernández Bravo

DOCUMENTACIÓN:
Paulina Novoa Venturino
María Paz Contreras Fuentes

La realización gráfica ha sido efectuada bajo la dirección de

VERÓNICA ROJAS LUNA

COORDINACIÓN GRÁFICA:
Carlota Godoy Bustos

COORDINACIÓN LICITACIÓN:
Xenia Venegas Zevallos

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:
Eugenio Vial Fontannaz

ILUSTRACIONES DIGITALES:
Tomás Reyes Reyes
Raúl Urbano Cornejo
Carlos Urquiza Moreno
Ignacio Schiefelbein Grossi
Estefanía Carrasco Marambio

INFOGRAFÍAS:
Cristian Cartes Arce
Carlos Urquiza Moreno

FOTOGRAFÍAS:
Jorge Quito Soto
César Vargas Ulloa

CUBIERTA:
Xenia Venegas Zevallos

PRODUCCIÓN:
Germán Urrutia Garín

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

© 2009, by Santillana del Pacífico S.A. de Ediciones
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile)
PRINTED IN CHILE
Impreso en Chile por World Color Chile S.A.
ISBN: 978-956-15-1560-4
Inscripción N° 181.080
www.santillana.cl

La materialidad y fabricación de este texto está certificada por el IDIEM – Universidad de Chile.

La Física es una ciencia que busca explicar el entorno que nos rodea. Para ello se vale de la observación y de la experimentación, con el fin de establecer leyes, principios y teorías que den cuenta del mundo en el que vivimos. Es una ciencia en constante construcción, cuyo desarrollo ha sido posible gracias a varios factores, como el surgimiento del pensamiento científico, los cambios sociales y culturales que ha experimentado el mundo.

Gracias a los logros de la Física, hoy en día podemos ser testigos de los incontables avances tecnológicos. Áreas como la computación, las telecomunicaciones, la aeronáutica, la medicina, entre muchas otras, deben su importante desarrollo a esta ciencia.

Esperamos que al recorrer las páginas de este texto comprendas que fenómenos naturales, como el sonido y la luz pueden ser explicados a través de principios y leyes, y que la ciencia es un prisma a través del que podemos ver y entender nuestro entorno. Es importante que reconozcas el enorme vínculo que existe entre las distintas disciplinas científicas y cómo se nutren unas de otras. Es por ello que debes considerar que el conocimiento científico no surge de forma aislada, sino que es un proceso transversal al ser humano y que, de una u otra forma, todos somos parte de él.

Organización del texto

El Texto de Física 1° se organiza en 5 unidades. A continuación se describen las características principales de los tipos de páginas que encontrarás en este libro.

1. Inicio de unidad

Doble página inicial, en la que se presentan una serie de imágenes representativas de los temas que se tratarán en la unidad.

Aprenderás a
Listado con los aprendizajes esperados de la unidad.

Actividad inicial
Actividad que se propone a partir de una serie de preguntas de asociación con las imágenes representativas de la unidad.

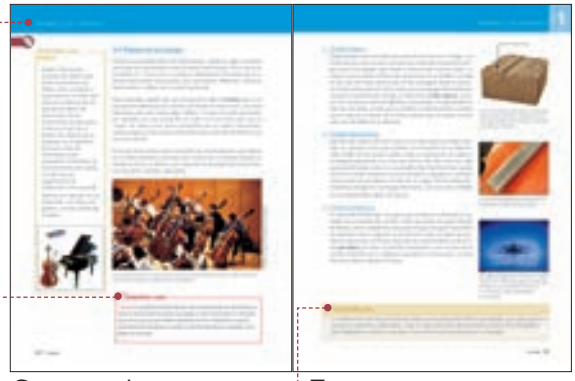
Introducción
Texto que hace una breve introducción narrativa de los contenidos a tratar en la unidad.

2. Evaluación diagnóstica

Evaluación diagnóstica
Evaluación inicial destinada a medir los conocimientos previos necesarios para abordar la unidad, incluye un recuadro denominado "lo que me gustaría saber", destinado a plantear preguntas factibles de ser respondidas en la unidad.

3. Desarrollo del contenido

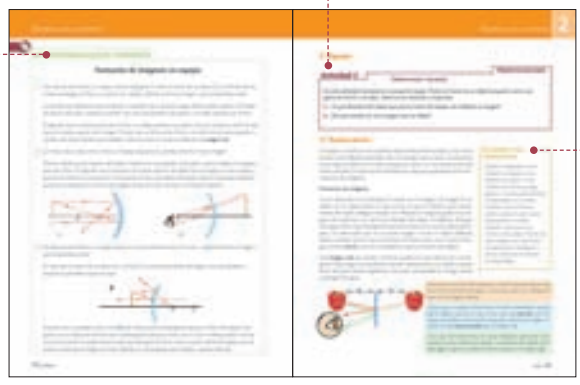
Indagación
Actividad exploratoria cuya finalidad es dar inicio a los contenidos mediante la formulación de preguntas y planteamiento de hipótesis.



Concepto clave
Significado de conceptos o palabras citadas en el texto y cuya definición facilite la lectura comprensiva.

Ten presente que
Actividad destinada a trabajar conceptos que puedan tener una interpretación errónea.

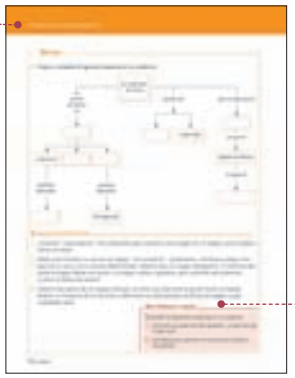
Actividad
Destinada a trabajar habilidades y dar continuidad al contenido partiendo de la observación y exploración.



Ejemplo resuelto
Ejercicio tipo, resuelto paso a paso. Su función es orientar el desarrollo de ciertos ejercicios similares.

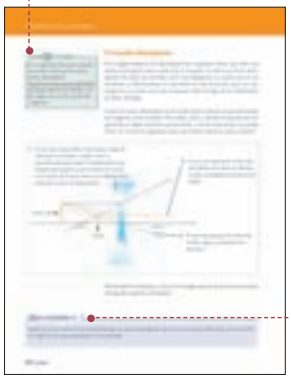
Conexión con
Vincula los contenidos tratados en la unidad con otras áreas del conocimiento.

Síntesis y evaluación de proceso
Página donde se integran y evalúan los contenidos tratados en un conjunto de temas.



Así aprendo mejor
Breve actividad destinada a trabajar la metacognición.

Investigación científica
Actividad en la que se trabaja de forma directa el procedimiento científico, ya sea planteando hipótesis, interpretando datos o analizando un experimento famoso.



Inter@ctividad
Vínculo con distintas páginas webs en las que se encuentran aplicaciones de los contenidos tratados en la unidad.

¿Qué sucedería si...?
Actividad destinada al desarrollo de la imaginación y del pensamiento divergente.

4. Síntesis de la unidad

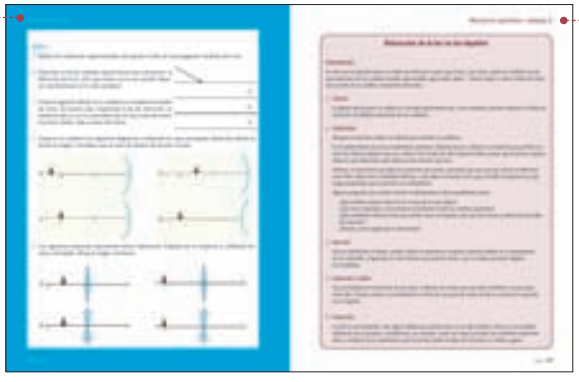
Infografía
Resumen gráfico de los contenidos tratados en la unidad, el que incluye una definición breve de los principales conceptos.

Línea de tiempo
Gráfica lineal en la que se ubican de forma cronológica los descubrimientos y datos científicos relacionados con la unidad y en los que se vinculan hechos históricos relevantes a modo de contextualizar la evolución de la ciencia.

5. Páginas finales de la unidad

Evaluación final
Evaluación final de la unidad destinada a la verificación de los aprendizajes esperados; incluye tres momentos: comprendo, analizo y aplico.

¿Cuánto avancé?
Pequeña actividad al inicio de la evaluación sumativa cuya finalidad es revisar nuevamente la evaluación diagnóstica.



Proyecto científico
Actividad de carácter autónomo, en la que se trabaja de forma íntegra el método científico.

UNIDAD 1
El sonido — 8

Evaluación diagnóstica ... 10

Indagación:
Origen y propagación del sonido ... 12

1 Origen del sonido ... 13

2 Transmisión del sonido ... 16

Síntesis y evaluación de proceso ... 20

Indagación. Características del sonido ... 21

3 Características del sonido ... 22

Síntesis y evaluación de proceso ... 25

4 Período y frecuencia ... 26

Investigación científica.
¿Sería posible observar el sonido? ... 29

Indagación. Características de las ondas ... 30

5 ¿Qué es una onda? ... 31

6 Rapidez de propagación de una onda ... 36

Síntesis y evaluación de proceso ... 38

7 Propiedades de las ondas ... 39

8 Efecto Doppler ... 41

CTS. Aviones supersónicos ... 43

Síntesis de la unidad ... 44

Evaluación final ... 46

Proyecto científico ... 49

UNIDAD 2
La luz — 50

Evaluación diagnóstica ... 52

Indagación. Naturaleza de la luz ... 54

1 La luz y su naturaleza ... 55

Investigación científica.
Experimento de Fizeau ... 58

Síntesis y evaluación de proceso ... 60

Indagación. El comportamiento de la luz ... 61

2 Reflexión de la luz ... 62

Investigación científica. Ley de reflexión ... 63

3 Espejos ... 65

Síntesis y evaluación de proceso ... 72

Indagación. Propagación de la luz ... 73

4 Refracción de la luz ... 74

CTS. Fenómenos naturales donde
actúa la refracción ... 76

Síntesis y evaluación de proceso ... 77

Indagación. Las lentes ... 78

5 Lentes ... 79

6 Aplicaciones de las lentes ... 81

Investigación científica. Distancia
en la formación de imágenes ... 83

Síntesis de la unidad ... 84

Evaluación final ... 86

Proyecto científico ... 89

UNIDAD 3
Espectros óptico y auditivo — 90

Evaluación diagnóstica ... 92

Indagación. Naturaleza de la luz ... 94

1 Dispersión cromática ... 95

Investigación. Experimento de Herschel ... 97

2 El espectro electromagnético ... 98

3 El ojo, nuestro receptor natural de la luz ... 101

Síntesis y evaluación de proceso ... 103

Indagación. Espectro auditivo ... 104

4 El oído, nuestro receptor natural del sonido ... 105

5 **Infrasonido** 107

6 **Ultrasonido** 109

CTS. El sonar 112

Síntesis y evaluación de proceso 113

Síntesis de la unidad 114

Evaluación final 116

Proyecto científico 119

UNIDAD 4

Fuerza y movimiento 120

Evaluación diagnóstica 122

Indagación. Sistema de coordenadas 124

1 **Sistema de coordenadas** 125

2 **Marco de referencia** 126

3 **La relatividad del movimiento** 128

Síntesis y evaluación de proceso 132

Investigación científica. Adición de velocidades 133

4 **Velocidad relativa** 134

CTS. La velocidad de la luz y la relatividad de Einstein 138

Síntesis y evaluación de proceso 139

Indagación. Midiendo fuerzas 140

5 **Fuerzas restauradoras** 141

Investigación científica. Fuerzas sobre un resorte 142

6 **Ley de Hooke** 144

CTS. Piernas elásticas 148

Síntesis y evaluación de proceso 149

Síntesis de la unidad 150

Evaluación final 152

Proyecto científico 155

UNIDAD 5

Dinámica de la Tierra 156

Evaluación diagnóstica 158

Indagación. Composición interna de la Tierra 160

1 **Formación de la Tierra** 161

2 **Modelos de la estructura de la geósfera** 162

3 **Dinámica terrestre** 164

Síntesis y evaluación de proceso 168

Investigación científica. ¿Cómo percibimos el movimiento de las placas tectónicas? 169

4 **Sismos** 170

CTS. Animales sismólogos 179

Síntesis y evaluación de proceso 181

Indagación. Efectos del movimiento de las placas 182

5 **Volcanes** 183

Síntesis y evaluación de proceso 188

Indagación. Cambios en la superficie de la Tierra 189

6 **Un paisaje en constante cambio: la erosión** 190

Síntesis y evaluación de proceso 192

CTS. ¿Cómo detener el avance de los desiertos? 193

Síntesis de la unidad 194

Evaluación final 196

Proyecto científico 199

Solucionario 200

Bibliografía 208

Unidad

1 El sonido

El despertador al empezar el día, el trino de un pájaro, el motor de una micro, la sirena de un barco, la bocina de un tren. Todos los días escuchamos un sinfín de estímulos sonoros que determinan nuestra vida cotidiana. En esta unidad vamos a profundizar en la naturaleza del sonido y estudiaremos de qué manera se comporta en distintas situaciones. La rama de la Física que se preocupa de su estudio se llama acústica, y sus aplicaciones pueden ir desde la fabricación de instrumentos musicales hasta la exploración del fondo submarino. ¿De qué manera? En el desarrollo de esta unidad encontrarás la respuesta de esta y muchas otras interrogantes.

Aprenderás a:

- Reconocer que todo sonido se origina en un proceso vibratorio.
- Identificar las características básicas asociadas a todo sonido: altura, intensidad y timbre.
- Analizar los elementos que caracterizan una onda.
- Relacionar longitud y frecuencia de una onda con la velocidad de propagación que esta posea.
- Analizar cualitativamente los factores que dan origen al efecto Doppler.
- Identificar problemas, hipótesis y procedimientos experimentales, en los experimentos del nivel.
- Interpretar datos empíricos, con la finalidad de probar o desechar hipótesis.

Actividad inicial

En estas páginas se presenta una serie de fotografías. Reúnete con un grupo de cuatro compañeras y/o compañeros y trabajen en torno a las siguientes actividades:

1. Describe las imágenes de las fotografías. ¿Qué es lo que las relaciona a todas ellas?
2. ¿En cuáles puedes distinguir cuerpos que emiten sonido?
3. ¿Qué crees que ocurre en los objetos de las fotografías para que puedan emitir sonido?
4. ¿Cuál de los objetos crees que puede producir un sonido más fuerte?

Responde en tu cuaderno

1. **Cuando Felipe está acostado, se le acerca al oído un mosquito cuyo zumbido no lo deja dormir.**

   ¿Qué explicación te parece más adecuada? Escribe tu respuesta en tu cuaderno.

A	B	C	D
El mosquito emite el zumbido de forma similar a como una persona emite la voz.	El zumbido se produce por la resistencia del aire al vuelo del mosquito.	El mosquito emite el zumbido debido a su rapidez.	El mosquito emite el zumbido debido al rápido batido de sus alas.

2. **¿Qué imagen se asocia mejor a oscilación? Escribe tu respuesta en tu cuaderno.**

3. **Al hacer sonar el timbre del colegio para salir a recreo, el inspector pulsa el interruptor eléctrico. Producto de aquello, una campanilla es golpeada 50 veces por segundo por el pulsador metálico, el que en cada golpe se desplaza 2 cm. En relación a lo anterior:**

   a. ¿Cuál es la frecuencia del timbre?

   b. ¿Cuál es la amplitud del pulsador metálico?

   c. ¿Podrías determinar el tiempo que transcurre entre cada golpe a la campanilla?, ¿cómo se le llama de forma particular a dicho tiempo?

4. **Desarrolla en tu cuaderno las siguientes preguntas.**

   a. ¿En qué crees que consiste un movimiento periódico?

   b. ¿Qué entiendes por período?

5. En el patio de un colegio, una niña juega a saltar una cuerda. En cada giro que realiza, la cuerda pasa rozando el suelo y, luego, esta alcanza una altura de 1,5 metros. Si se considera el movimiento como periódico, esa medida se asocia mejor al concepto de:

frecuencia	período	movimiento periódico	amplitud
A	B	C	D

6. Se quiere saber cómo se propaga el sonido en un medio físico. Referido a esto, se plantea lo siguiente: el sonido se propaga en el aire debido a que las partículas que están presentes en el aire se mueven.

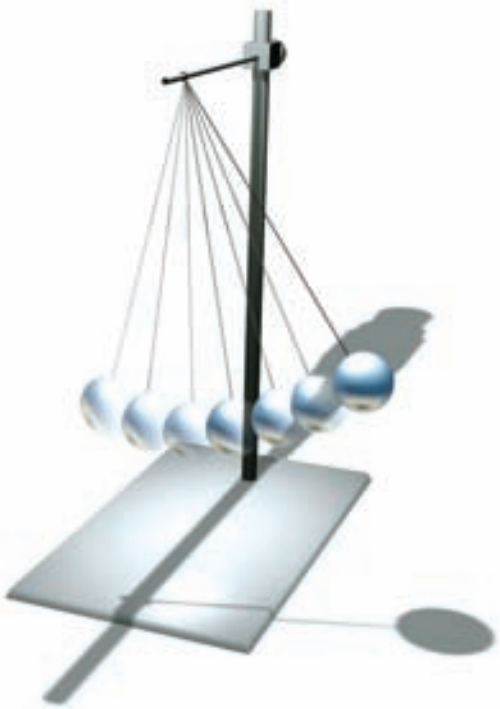
   Lo expuesto en el párrafo anterior, corresponde a la descripción de:

   a. El problema.

   b. La hipótesis.

   (Justifica tu respuesta)

7. Un péndulo oscila como lo muestra la imagen. Describe de forma breve los pasos que seguirías para medir su frecuencia y período.



Lo que me gustaría saber

- Elabora un listado de preguntas, relacionadas con el sonido, que te gustaría poder explicar una vez finalizada la unidad.
- Identifica problemas cotidianos que te afecten a ti o a tu entorno y que se relacionen con el sonido. Plantea posibles soluciones.

Indagación: Origen y propagación del sonido

¿Qué debe ocurrir con un cuerpo para que se convierta en una fuente sonora?

Reúnete con un compañero o compañera y elaboren una hipótesis para la pregunta propuesta, pon además mucha atención en las ideas del resto de tus compañeros y compañeras.

Materiales

Dos vasos de plumavit, un alfiler, cinco metros de hilo de volantín, pitilla o lana.

Procedimiento

1. Perforen el centro de la base de cada vaso con un alfiler y hagan pasar el hilo por el agujero, de manera que sobresalga un trozo hacia el interior del vaso.
2. Hagan un nudo en el hilo que sobra, para que no pueda soltarse del vaso.
3. Tomen cada uno un vaso y sepárense el uno del otro hasta que el hilo quede tenso.
4. Pídele a tu compañera(o) que se acerque el vaso a la boca y que hable por él, mientras tú te acercas el vaso al oído y escuchas.
5. Pídele, además, que mientras habla se ponga un par de dedos en la garganta y que comente qué es lo que siente al tacto.
6. Repitan la experiencia intercambiando roles.

En relación a lo observado en la experiencia, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Qué se percibe al tacto, mientras hablan y se ponen los dedos en la garganta?, ¿se percibe algo similar en el vaso y en el hilo?

b. Después de realizada la actividad, vuelvan a responder la pregunta inicial.

c. ¿Verificaron su hipótesis?

1. Origen del sonido

Como pudiste observar en la actividad anterior, cuando un cuerpo emite sonido es posible percibir vibraciones en él; en el caso de la voz, el cuerpo que vibra son las cuerdas vocales, también vibra el hilo que transmite sonido de la voz hasta el otro vaso. Algo similar se puede verificar en distintas situaciones, por ejemplo, al golpear tu mesa con la mano, o al pulsar la cuerda de una guitarra. Si acercas la mano mientras suena, podrás percibir vibraciones. En estos casos, el cuerpo se convierte en una **fuente sonora**; pero ¿cualquier tipo de vibración es capaz de producir un sonido? Hay muchos tipos de vibraciones, como las producidas por el motor de un automóvil, un temblor, un trueno, pero no todas producen sonidos bien definidos.

Conceptos clave

Cuerdas vocales: estas son una serie de replieges musculares ubicados en la laringe, los que pueden contraerse regulando el flujo del aire proveniente de los pulmones, produciendo así la voz.

Vibración: Es la deformación regular de un cuerpo o medio; también se puede considerar como la "oscilación" o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de cierta posición.

1.1 Vibraciones periódicas

Las **vibraciones periódicas** se caracterizan por reiterarse a intervalos iguales de tiempo, como la cuerda de una guitarra al oscilar, un diapasón al ser golpeado, o la membrana de un parlante.

En el caso de un reloj despertador, una pieza metálica vibra periódicamente y golpea las campanillas. En el caso de un ventilador en funcionamiento, también se aprecia un movimiento periódico de las aspas, el que produce un flujo continuo de aire.

Ten presente que:

- Generalmente se confunden los términos ruido y sonido; si bien ambos son ondas sonoras, la diferencia entre ellos radica en los efectos producidos por cada uno. El ser humano considera como ruido las ondas sonoras incoherentes y que no puede interpretar.

1.2 Fuentes de vibraciones

Las vibraciones u oscilaciones que generan sonido pueden ocurrir en diferentes medios. Analizaremos las vibraciones en láminas, cuerdas y cavidades.

a. Vibraciones en láminas

Para estudiar este tipo de oscilaciones, realiza la siguiente experiencia.

Describir-inferir

Actividad 1

Vibración de una regla

1. Consigue una regla de 30 cm o más y apóyala en una mesa, dejando la mitad libre.
2. Apriétala firmemente con una mano y con la otra mano mueve el extremo libre hacia abajo y, luego, suéltala, ¿qué observas?
3. Identifica la posición de equilibrio de la regla.
4. Ubica la regla de manera que disminuya la extensión que queda libre y repite la experiencia. ¿Qué ocurre con la vibración?, ¿qué ocurre con el sonido?

Al soplar una zampoña se emite un sonido característico; este cambia si se modifica el largo de la caña que es soplada. ¿A qué crees que se deba esto?

b. Vibraciones en cuerdas

En la actividad de indagación inicial pudiste comprobar que las vibraciones se transmitían a través de un hilo. Hay múltiples ejemplos de este tipo de vibraciones: la oscilación de las cuerdas de los instrumentos musicales, incluso basta con tensar lo suficiente una cuerda de nailon (hilo de pescar) para que al pulsarla emita un sonido característico.

c. Vibraciones en cavidades

¿Has notado que al soplar horizontalmente la boca de una botella se emite un sonido? Algo similar ocurre al soplar una flauta o cualquier instrumento de viento, en todos los casos se habla de vibraciones en cavidades. ¿Cuál es el cuerpo o medio material que vibra en estos casos? Discute la respuesta con tus compañeros y compañeras.

Inter@ctividad

En la página http://sinalefa2.wordpress.com/la-orquesta/instrumentos-de-cuerda/ encontrarás un video en el que se explica el proceso de vibración de las cuerdas y su relación en la producción de sonido en algunos instrumentos musicales. Además, en la misma página puedes leer sobre los distintos instrumentos de cuerda.

1.3 Propagación de una vibración

En la actividad de indagación pudiste comprobar que el sonido es capaz de viajar a través de un medio material, como lo es el hilo de volantín, pero ¿cómo se propaga a través de otros medios materiales, y de qué manera lo hace? Para responder estas preguntas podemos realizar la siguiente actividad.

Conceptos clave

Medio material: se denomina de esa manera a cualquier sistema formado por partículas de materia (átomos y moléculas). Puede estar en cualquier estado de la materia; sólido, líquido, gaseoso o plasma.

Describir-asociar

Actividad 2

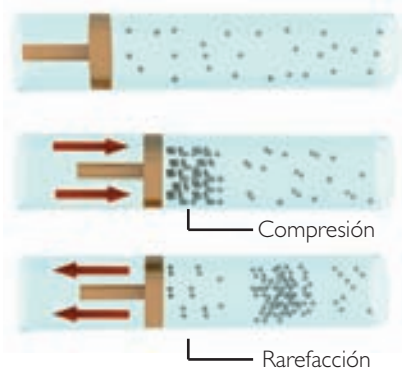
Vibración de un resorte

Para realizar esta experiencia, consigue un resorte de plástico que se pueda estirar un par de metros, como los que venden en las jugueterías.

1. Con la ayuda de una compañera o un compañero, coloca el resorte en el piso.
2. Mientras tu compañero(a) sostiene firmemente el resorte por un extremo, extiende el otro un par de metros, cuidando que no se dañe.
3. Una vez extendido el resorte, comprime un trozo de 10 cm hacia el extremo y luego deja de aplicar la presión (sin soltar el resorte).
4. ¿Qué ocurre con la posición de la zona comprimida una vez que la sueltas?
5. Identifica qué es lo que se propaga y cuál es el medio material.

Algo muy similar a lo que ocurre en el resorte sucede con la transmisión del sonido en el aire. Se puede hacer un símil donde las espiras de resorte serían partículas de aire; al emitir un sonido, se produce una perturbación en el aire, donde las zonas en que las partículas están más juntas se llaman **zonas de compresión**, mientras que las regiones en que están más separadas se denominan **zonas de rarefacción** (ver dibujo).

Una propagación de este tipo se denomina onda mecánica, donde las partículas del medio no se propagan de un extremo al otro, sino que oscilan. Además, las compresiones y rarefacciones se producen en la misma dirección de la propagación de la onda, por lo que se dice que son ondas longitudinales. El sonido es, entonces, una onda mecánica longitudinal. Cuando un sonido se propaga, hay energía que se transmite desde la fuente sonora, pero las partículas del medio no viajan.



Si se pudiesen ver las partículas de aire al interior de un tubo, y se hace oscilar un pistón en su extremo cerrado, se podrían distinguir las zonas de compresión y las de rarefacción, como se ilustra en el dibujo.

¿Qué sucedería si…?

Imagina que eres el consultor científico de una película de ciencia ficción. En una de las escenas, el director te explica que, cuando una nave explota en el espacio, las vibraciones del sonido casi destruyen una nave espacial cercana. ¿Qué le aconsejarías al director de la película si sabes que el sonido no se transmite en el vacío?

2. Transmisión del sonido

Actividad 3

Inferir

¿Cómo se transmite el sonido?

Para estudiar cómo se transmite el sonido en diferentes medios, realizaremos la siguiente actividad:

1. Pídele a un compañero o compañera que ponga el oído en el muro, alejado unos 10 pasos de ti.
2. Luego, con una moneda o un lápiz, golpea suavemente el muro. Pídele a tu compañera(o) que te diga lo que percibe con el oído en el muro y registra su respuesta.
3. Ahora pídele que retire el oído del muro y vuelve a golpearlo. ¿Qué es lo que percibe ahora tu compañero(a)?

Respondan:

a. ¿En qué caso el sonido se percibe con mayor intensidad?

b. ¿Por qué creen que se produce dicha diferencia, si es que la percibieron?

Tabla 1: Rapidez de propagación del sonido en diferentes medios

Medio	Rapidez (m/s)
Aire (0 °C)	331
Aire (15 °C)	340
Oxígeno (0 °C)	316
Hidrógeno (0 °C)	1.260
Agua (20 °C)	1.480
Glicerina	1.950
Madera	4.500
Vidrio	hasta 5.300

Observando la tabla, ¿qué relación puedes establecer entre la densidad del medio y la rapidez de propagación del sonido?
Fuente: Archivo editorial.

En la actividad anterior pudiste verificar que el sonido se transmite de forma diferente en medios distintos. Así, un sonido lo puedes percibir de forma más intensa en un medio sólido, como el muro, que en un gas, como el aire. Los líquidos también son muy buenos transmisores del sonido, existiendo muchos animales marinos que se comunican por este medio, como los delfines y las ballenas.

2.1 Rapidez de propagación del sonido

Quizás has observado en alguna tormenta eléctrica que la luz de un relámpago llega antes que el sonido del trueno, aunque ambos fenómenos ocurran de manera simultánea. Podemos concluir que la rapidez con que viaja el sonido es menor que la de la luz, ¿pero cuánto menor? Averigua cuál es la rapidez de la luz.

Otro efecto importante en la transmisión del sonido es la **eficiencia de transmisión**. En ese sentido se cumple que los sonidos graves se transmiten mejor (o con mayor eficiencia) que los agudos. Esto se debe a que los agudos se disipan rápidamente con la distancia. Por ejemplo, al escuchar de lejos los sonidos de una fiesta, serán los sonidos graves los que predominen, o en las tormentas en que los truenos se oyen más agudos al estar más cerca de donde se producen.

2.2 Reflexión del sonido

Así como una onda en la superficie del agua se refleja al chocar con las paredes de una piscina, la energía de una onda sonora se refleja al incidir sobre algunas superficies.

No todas las superficies se comportan de igual manera, por ejemplo el sonido **se refleja** de manera mucho más eficiente en un muro de ladrillos que en un cortinaje grueso, el que absorberá gran parte del sonido. En general, la reflexión del sonido es mejor entre mayor densidad tenga la superficie donde choque.

El fenómeno de reflexión y otros que estudiaremos más adelante, permiten explicar el sonido como si tuviera un comportamiento similar a las olas que se reflejan en un estanque. Como el sonido puede ser representado por una onda, hereda todos los fenómenos asociados a ellas.

¿Qué sucedería si...?

Imagina que vas a oír un concierto a una sala y de pronto las leyes físicas cambian, de manera que los objetos que te rodean pierden la capacidad de reflejar el sonido, ¿qué efectos podrías notar?, ¿qué ocurriría luego, si los objetos absorbieran todo el sonido que reciben? Considera que lo que transportan las ondas es energía.

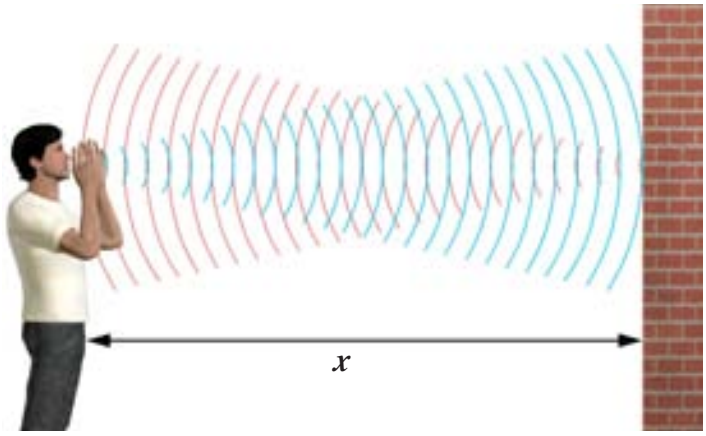
Conexión con... biología

Existen mamíferos como los delfines y los murciélagos que utilizan la reflexión del sonido para ubicar objetos en el espacio, inclusive en total oscuridad. Este mecanismo se llama ecolocalización y lo pueden usar gracias a que tienen un sistema auditivo muy desarrollado. Estos mamíferos emiten sonidos muy agudos (a veces inaudibles para los seres humanos) y al captar la reflexión de ellos en un obstáculo, pueden saber, por ejemplo, a qué distancia se encuentra dicho cuerpo.

Ejemplo resuelto 1

¿Cuál será la distancia mínima que deberá tener una persona con un muro, para poder apreciar el fenómeno del eco?

El **eco** consiste en que el mismo sonido que se emite se vuelve a oír después de cierto tiempo. Para responder la pregunta planteada inicialmente, hay que tomar en cuenta que el sonido, desde el momento de ser emitido por las cuerdas vocales, debe llegar hasta el muro y reflejarse a la persona. Además, se debe considerar que el oído humano es capaz de diferenciar dos sonidos, cuando llegan desfasados por un tiempo mínimo de 0,1 s. Otro dato importante es la rapidez del sonido en el aire; consideraremos para este caso el valor de 340 m/s.



Recuerda que la rapidez es la distancia recorrida en un tiempo determinado. En el SI esta es medida en m/s.

Designaremos con la letra x la distancia a determinar, la que debe ser recorrida dos veces por el sonido (de ida y de vuelta). El tiempo empleado debe ser de 0,1 s para que el oído pueda distinguir los sonidos por separado; entonces, podemos escribir que:

$$v = 340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{2x}{0{,}1\ \text{s}}$$

Así podemos despejar el valor de x que es la distancia que buscamos.

$$x = \frac{1}{2}\ 340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\ 0{,}1\ \text{s}$$

$$x = 17\ \text{m}$$

Entonces, 17 metros es la mínima distancia para lograr el eco.

¿Cuál sería la distancia mínima que necesitaría un delfín para escuchar su eco en el agua? Para responder esto, consulta la tabla 1.

¿Qué sucedería si…?

En el aire el sonido viaja en promedio a 340 m/s. Imagina que nos pudiésemos comunicar en un medio físico donde el sonido viaje mucho más rápido, alrededor de cinco veces la velocidad en el aire. ¿A qué distancia podríamos percibir el eco?

2.3 Absorción del sonido

No todas las superficies reflejan el sonido de la misma manera; entonces, podrían surgir las preguntas: ¿qué ocurre con el sonido que no es reflejado?, ¿a dónde va? La siguiente actividad nos servirá para indagar al respecto.

Describir-relacionar

Actividad 4

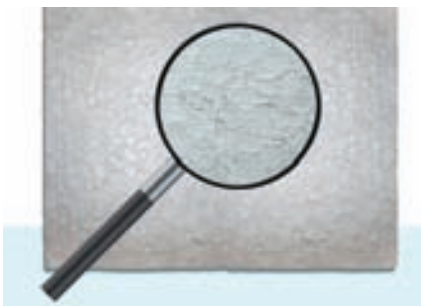
Aislantes del sonido

Formen un grupo de dos o tres integrantes. Necesitarán un reloj con alarma, una caja de cartón pequeña, y diversos materiales de los cuales quieran probar su capacidad como aislantes acústicos (pueden ser plumavit, papel arrugado, madera, género, etc.).

1. Programen el reloj para que suene dentro de un minuto y colóquenlo dentro de la caja. Ciérrenla y escuchen con atención el sonido, poniendo especial atención en su intensidad.
2. Repitan el procedimiento anterior, pero previamente recubran la caja con uno de los materiales escogidos. Luego, repitan el procedimiento para los demás materiales.
3. Elaboren una tabla donde clasifiquen los materiales de peor a mejor aislante acústico. ¿Qué características físicas pueden notar en aquellos materiales que resultaron mejores aislantes? Expliquen.

Generalmente los materiales blandos y de baja densidad, como las esponjas, las alfombras y las cortinas resultan ser buenos aislantes acústicos. Esto se debe a que absorben gran parte del sonido. Estos materiales tienen en común que poseen al interior numerosas cavidades de aire, lo que puedes comprobar si los examinas con una lupa (ver dibujo). Ahora bien, utilizaremos una analogía para tratar de explicar la **absorción** del sonido; ¿has notado que en un río, el agua de las orillas se mueve a una rapidez menor que la del centro?, esto se debe al roce producido entre el agua y la ribera. Algo similar ocurre con la energía sonora que llega a una cortina: el aire que rodea las porosidades está generalmente en reposo, y al incidir en ella el sonido, produce pequeñas turbulencias de aire que provocan fricción y su consecuente disipación de energía.

Otro fenómeno importante en la propagación del sonido es la **reverberación**. Este sucede cuando un sonido se refleja muchas veces al interior de un recinto, una iglesia, por ejemplo, lo que no permite distinguir los sonidos por separado. ¿Cómo crees que se podría reducir este efecto para mejorar la acústica de un lugar?



Si pudieses examinar de muy cerca algunos materiales, te darías cuenta de que algunos son mas porosos que otros, lo que les permite absorber mejor el sonido.

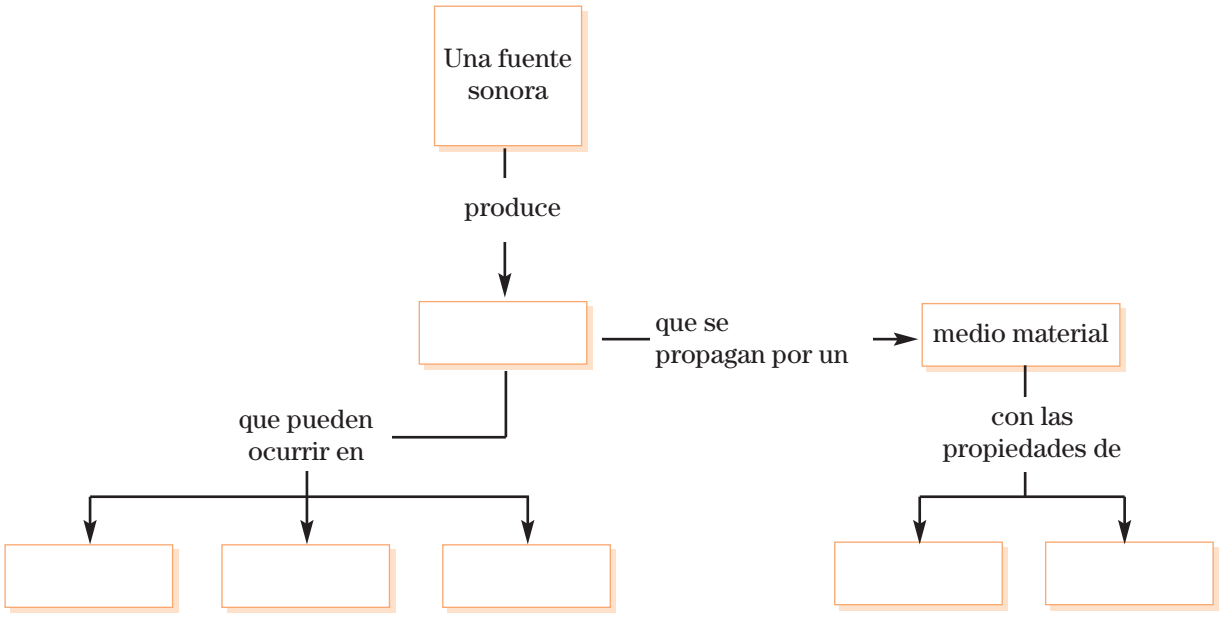
Tabla 2: Coeficiente de absorción de sonido para algunos materiales

Material	Coeficiente de absorción
Pared de ladrillos	0,03
Piso de madera	0,10
Vidrio de una ventana	0,20
Cortinaje grueso	0,55
Butaca con persona	0,8

Un coeficiente de absorción igual a 1 significa absorción total del sonido. Los valores de esta tabla están considerados para un sonido de frecuencia 500 hertz.
Fuente: Instrumentos musicales, Artesanía y Ciencia; Massmann, Ferrer, 1993.

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



Evaluación de proceso

1. ¿Cómo se produce el sonido?
2. Menciona dos ejemplos de instrumentos que generen sonido para cada uno de los siguientes medios: cuerdas, láminas y cavidades.
3. Explica el proceso de propagación del sonido por el aire; ¿cómo se podría hacer una analogía con un resorte?
4. Busca tres ejemplos de medios materiales, y ordénalos de mayor a menor capacidad para conducir el sonido.
5. Busca tres ejemplos de medios materiales, y ordénalos de menor a mayor capacidad para absorber el sonido.
6. Un pez chapotea en el agua. A 100 metros de distancia hay una persona sobre un bote y, bajo él, otra persona buceando; ¿quién escuchará primero el chapoteo?, ¿cuánto se demora en llegar el sonido a cada uno?

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿De qué manera(s) te resultó más fácil aprender?

b. ¿A qué piensas que se debe?

Indagación: Características del sonido

¿De qué depende que un sonido sea agudo o grave?

Reúnete con una compañera o compañero y escriban en sus cuadernos, en no más de cinco líneas, una hipótesis al problema de investigación. Anoten, además, las interrogantes que les surjan respecto del tema. Compartan con el resto del curso sus inquietudes y pongan mucha atención en las ideas del resto de sus compañeros y compañeras.

Materiales

Una regla de plástico de 20 o 30 cm.

Procedimiento

1. Apoyen la regla plástica en el borde de una mesa, dejando que sobresalga de la mesa al menos 18 cm.
2. Empújenla hacia abajo y suéltenla. Observen la vibración y escuchen el sonido.
3. Repitan el paso anterior disminuyendo 3 cm cada vez, hasta que la regla sobresalga sólo 4 cm del borde de la mesa.

En relación a lo observado en la experiencia, respondan a las siguientes preguntas:

a. ¿En qué situación la vibración de la regla tuvo una frecuencia mayor de oscilación, es decir, cuándo vibró más rápido?
b. ¿Qué relación pueden establecer entre la frecuencia de la vibración y las características del sonido producido? Expliquen.
c. ¿Qué relación pueden inferir entre la frecuencia con que vibra la regla y cuán agudo o grave es el sonido?
d. ¿Qué pueden decir sobre la hipótesis inicial?

3. Características del sonido

3.1 Tono o altura de un sonido

En la actividad de indagación anterior observaste que existe una estrecha relación entre la **frecuencia de la vibración** de la regla y cuán agudo o grave era el sonido que se producía: a mayor frecuencia, más agudo se percibe el sonido y, a menor frecuencia, más grave. A esta característica, que depende de la frecuencia y permite distinguir un sonido grave de uno agudo, le llamaremos **tono**.

Como los términos agudo y grave son subjetivos, los diferentes tonos se clasifican según su frecuencia. La unidad física de frecuencia es el hertz (Hz), llamada así en honor al físico alemán **Heinrich Hertz** (1857-1894), quien demostró la existencia de la ondas electromagnéticas. Una frecuencia de 1 Hz, equivale a una oscilación por segundo; una frecuencia de 10 Hz equivale a 10 oscilaciones por segundo, y así sucesivamente.

Reflexionemos

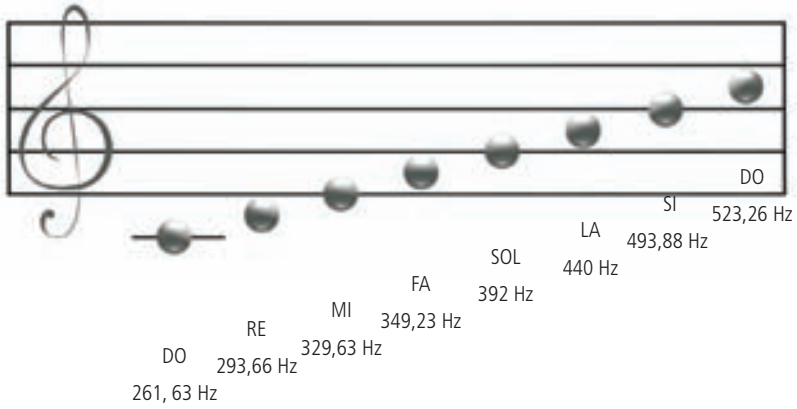
¿Cómo crees que la música ha influido en el desarrollo de las diferentes culturas?

Vivimos en un mundo en que cada cultura posee sus propias formas musicales. Nosotros, por ejemplo, vivimos en una sociedad cuya cultura musical resulta de una fusión entre la música occidental europea, la música de los pueblos africanos traídos como esclavos y aquellas formas musicales precolombinas. ¿Qué conoces de la música de las culturas orientales?, ¿qué elementos encuentras comunes en todas las formas musicales?

La voz humana es capaz de emitir sonidos con frecuencias que varían aproximadamente entre los 80 Hz (voz bajo) y los 1.400 Hz (voz soprano).

Conexión con... música

La escala musical es un ordenamiento ascendente de tonos; una de las escalas más conocidas es la diatónica, que corresponde a una escala conformada por ocho notas musicales. La frecuencia correspondiente a cada una de dichas notas musicales ha ido cambiando en el transcurso de la historia, según el gusto, estilo y posibilidades de cada época, hasta que en 1939 se fijó la frecuencia de una nota de referencia, a partir de la que se dedujeron las demás. La nota y frecuencia escogida fue *la,* a 440 Hz, las frecuencias correspondientes a cada nota de la escala diatónica son las siguientes:



Fíjate que la frecuencia del *do* final es exactamente el doble de la frecuencia del *do* con el que se inicia la escala. Si avanzas en la escala desde el *do* inicial hasta el *do* posterior al de 523,26 Hz, ¿cuál crees que será su frecuencia?

3.2 Intensidad del sonido

Analizar

Actividad 5

Oscilación de una cuerda

Para realizar esta actividad necesitarás una guitarra o, en su defecto, un hilo de nailon que puedas tensar firmemente entre dos puntos.

1. Pulsa una cuerda suavemente, de manera que emita sonido.
2. Pulsa la cuerda nuevamente, pero de manera que su oscilación sea mayor.
   a. ¿Notas alguna diferencia en el "volumen" del sonido?
   b. ¿Qué relación podrías establecer entre el "tamaño" de la pulsación aplicada a la cuerda y el "volumen" del sonido producido?

A partir de la experiencia anterior, seguramente habrás notado que mientras mayor sea el tamaño o, más correctamente, la **amplitud** de la oscilación de la cuerda, más fuerte se escuchará el sonido. A esta característica, que comúnmente llamamos "volumen", en Física se denomina intensidad y un parámetro para medirla es el nivel de intensidad sonora (N.I.S.) cuya unidad de medida es el decibel (dB), que proviene del nombre del inventor **Alexander Graham Bell** (1847-1922).

La intensidad de un sonido permite diferenciar los sonidos fuertes de los débiles y está estrechamente relacionada con la **cantidad de energía** que transporta una onda sonora. Por eso, en presencia de un sonido muy intenso pueden vibrar los objetos que estén cercanos a la fuente sonora, o incluso romperse, como en el caso de una explosión.
La escala de decibeles es reducida; por eso, un sonido de 20 dB es 100 veces más intenso que uno de 10 dB, y uno de 30 dB es 1.000 veces más intenso que uno de 10 dB. La intensidad de los sonidos se mide con un instrumento llamado **sonómetro**.

La amplitud con que vibra una cuerda se relaciona con la intensidad del sonido que se escucha.

Comparar-inferir

Actividad 6

Intensidad de algunos sonidos

Observa la siguiente tabla y completa las siguientes actividades:

1. Realiza un cálculo aproximado de cuántas veces es más intenso el sonido de un trueno que el de un automóvil en marcha.
2. Basándote en los valores entregados por la tabla, realiza una estimación de la intensidad de:
   a. Una radio dentro de una micro.
   b. Los audífonos de tu MP3 con volumen máximo.

Tabla 3: Intensidad de algunos sonidos

Fuente de sonido	N.I.S.(dB)
Respiración	10
Conversación en voz baja	20
Automóvil en marcha	50
Conversación normal	60
Grito fuerte	80
Trueno	110
Umbral del dolor	130

Fuente: Archivo editorial

Conexión con... música

Existen instrumentos musicales de distinto tipo. En los instrumentos de viento, como una flauta o una armónica, el medio que vibra es la columna de aire que hay al interior del instrumento. En los instrumentos de percusión, como es el caso de un tambor, las vibraciones se producen en la superficie del cuero, antes de transmitirse al aire circundante. Finalmente, en los instrumentos de cuerda, son ellas las que experimentan las oscilaciones; esto se puede apreciar, por ejemplo, en un violoncello, una cítara, una guitarra, o en las cuerdas de un piano.

3.3 Timbre de un sonido

Cuando una orquesta afina sus instrumentos, sucede en algún momento que todos los instrumentos tocan la misma nota musical. Como vimos en la sección 3.1, el tono de un sonido lo determina la frecuencia de la vibración de la fuente sonora, pero, ¿por qué suenan "diferentes" todos los instrumentos, si vibran con la misma frecuencia?

Para responder aquello hay que incorporar la idea de **timbre**; que es lo que permite diferenciar dos sonidos que tienen el mismo tono y la misma intensidad, pero que "tienen algo" distinto. Y es que el sonido producido, por ejemplo, por una cuerda de un violín, no es un tono puro, sino la "suma" de varios tonos puros producidos por el mismo instrumento, aunque tenga una frecuencia característica que le permita identificarlo con una nota musical.

En el caso de los instrumentos musicales, hay muchos factores que influyen en su timbre definitivo: el proceso de construcción, el material utilizado, el tamaño, la forma, el diseño y, por supuesto, la naturaleza del instrumento: si es de viento, cuerdas o percusión.

Crédito: Teatro Municipal de Santiago.

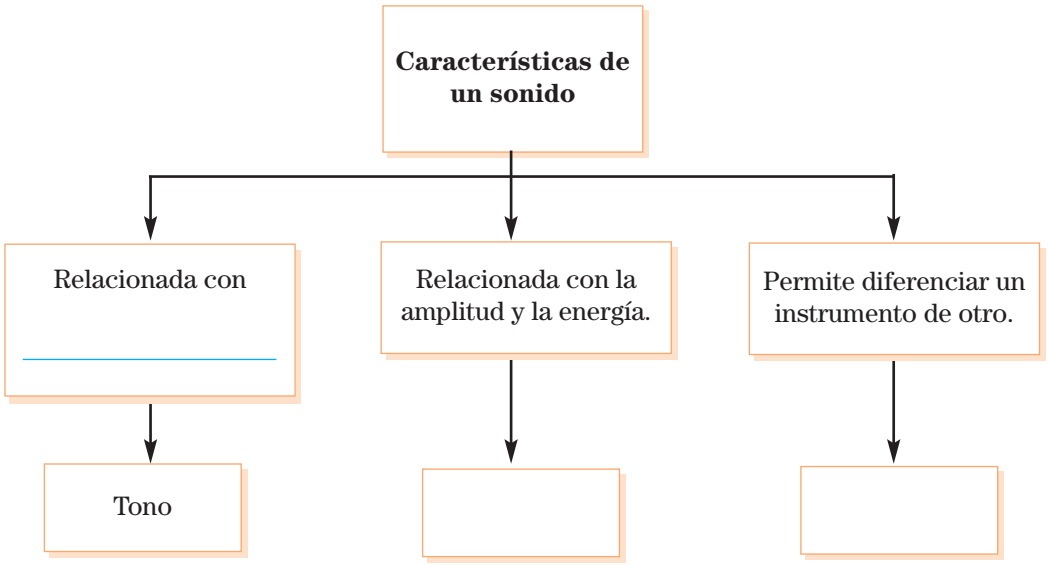
La orquesta al afinar los instrumentos produce una masa sonora, pero cada uno de los instrumentos posee un timbre que lo caracteriza.

Conceptos clave

Tono puro: corresponde al sonido producido como consecuencia de una sola frecuencia y no por la suma de varias frecuencias; por ejemplo, la nota *mi* que produce un violoncello no es un tono puro, ya que el timbre característico de este corresponde a la suma de varias frecuencias simultáneas; en cambio, la nota Mi producida por un diapasón corresponde a un tono puro.

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:


Características de un sonido
Relacionada con
Relacionada con la amplitud y la energía.
Permite diferenciar un instrumento de otro.
Tono

Evaluación de proceso

1. Describe brevemente el proceso desde que se hace vibrar la membrana de un tambor hasta que una persona percibe el sonido.
2. Dos fuentes sonoras idénticas se encuentran una justo por encima de la superficie de un lago, y la otra justo, por debajo. Las dos fuentes emiten sonidos simultáneamente. ¿Quién escuchará primero el sonido?

   a. Una persona ubicada en la orilla del lago a 100 m de la fuente sonora.
   b. Un buzo que se encuentra al lado de la misma orilla, pero sumergido bajo el agua.
   c. Un observador que se encuentra elevado en un globo a 150 m de altura.
   d. Un buzo sumergido a 150 m, exactamente debajo de las fuentes sonoras.
   e. No se puede determinar sin saber la intensidad de los sonidos.

(Adaptada de la XVIII Olimpiada Colombiana de Física, 2002)

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿De qué manera(s) te resultó más fácil aprender?

b. ¿A qué piensas que se debe?

4. Período y frecuencia

Reconocer-asociar

Actividad 7

Relación entre tono y período

Para la siguiente actividad necesitarás un cuaderno de espiral y un lápiz.

1. Pasa el lápiz por el espiral del cuaderno de modo que produzca un tono.
   a. ¿Qué debes hacer para que el sonido se escuche más agudo?
   b. ¿Qué relación tiene el intervalo de tiempo en que se tocan dos espiras seguidas y el tono percibido?
   c. ¿Qué relación tiene la frecuencia con el tono percibido?
   d. Finalmente, y relacionando las dos últimas preguntas, ¿qué relación podrías establecer entre la frecuencia y el intervalo en que suenan las espiras?

El diapasón consiste en una horquilla metálica, que al ser golpeado vibra con una determinada frecuencia. Son utilizados, por ejemplo, para afinar instrumentos, ya que el tono que emite es siempre el mismo, independiente de la fuerza con que se golpee.

De la actividad recién presentada se puede deducir que la frecuencia de un sonido está estrechamente relacionada con el intervalo de tiempo en que se suceden dos golpecitos. Si haces pasar el lápiz más rápido, el tiempo entre dos pulsos disminuye y el tono escuchado es diferente. En cambio, si pasas el lápiz de forma más lenta, el tiempo entre dos golpes será mayor.

En general, esto sucede para cualquier movimiento periódico; la frecuencia está ligada al tiempo en que se completa un ciclo. A ese tiempo se le denomina **período** (*T*) y se mide en segundos.

En física es útil relacionar matemáticamente las magnitudes estudiadas, pues permite predecir situaciones con mayor exactitud; ¿cómo será la relación entre la frecuencia y el período? Con la siguiente actividad podrás estudiar esta relación.

Inter@ctividad

En la siguiente dirección: http://www.kamikawas.com/physics/jdk11app/wavegenerator/wavgen_e.htm podrás encontrar un programa que simula un generador de frecuencias, es decir, un instrumento en que tú puedes decidir la frecuencia de una fuente sonora y como respuesta te entrega el sonido correspondiente. Verifica las notas de la sección Conexión con…, de la página 22, con la ayuda de una guitarra o una flauta.

4.1 Relación entre período y frecuencia

Asociar-inferir

Actividad 8

Relacionando período y frecuencia

Te presentamos la siguiente situación simulada: en una sala de clases, el profesor de Física instala el siguiente dispositivo: un disco con 48 perforaciones regularmente distanciadas y equidistantes de su centro. Con la ayuda de un pequeño motor eléctrico hace girar el disco con una rapidez uniforme, de manera que este completa cinco vueltas en un segundo.
Al soplar con una pajilla a través de las perforaciones, el flujo de aire será interrumpido, producto de lo cual se produce una perturbación regular en la densidad del aire y, por consiguiente, escuchamos un tono.

a. ¿Cuántas veces se interrumpe el aire en un segundo?, ¿y en cinco segundos?
b. ¿Cómo podrías determinar la frecuencia del tono escuchado?
c. Si el disco girara con el doble de rapidez, ¿el tono escuchado sería más grave o más agudo? Justifica.
d. Para el caso anterior, determina la frecuencia y el período del sonido que se produce.
e. ¿Qué relación matemática crees que existe entre frecuencia y período?

En la actividad anterior descubrimos la relación inversa que existe entre frecuencia y período. Precisando esta relación, si la frecuencia de una oscilación disminuye a la mitad, su período aumenta al doble; si la frecuencia disminuye a la tercera parte, el período aumenta al triple, y así sucesivamente. Es decir, estamos frente a lo que, en lenguaje matemático, se llama una relación de proporcionalidad inversa. Esto lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{(ecuación 1)}$$

Usando unidades del Sistema Internacional, el período se expresa en segundos, mientras que la frecuencia se expresa en hertz; de esto podemos notar la siguiente equivalencia entre unidades $1\,Hz = {}^{1}/_{s}$

Un timbal es un instrumento que emite un tono al vibrar su membrana. Posee un pedal que puede cambiar la tensión de la superficie, lo que permite que vibre de manera más rápida o lenta, ¿qué ocurrirá con el período en ambos casos?

Ejemplo resuelto 2

¿Qué períodos de las oscilaciones son audibles para el ser humano?

- Para resolver este problema debemos tener en cuenta que el oído humano (en promedio) es capaz de oír vibraciones entre 20 y 20.000 Hz; entonces, una vez conocidas las frecuencias, el período se puede obtener simplemente de la relación:

$$T = \frac{1}{f}$$

- Para la frecuencia más grave resultaría:

$$T = \frac{1}{20\ Hz} = 0{,}05\ s$$

- Mientras que para el tono más agudo sería:

$$T = \frac{1}{20.000\ Hz} = 5 \times 10^{-5}\ s$$

Entonces los períodos de las oscilaciones audibles para el ser humano estarían en el rango entre $5 \times 10^{-5}\ \text{s} \leq T \leq 0{,}05\ \text{s}$

Ejemplo resuelto 3

¿A qué nota musical corresponde un sonido cuyo período es de $2{,}27 \times 10^{-3}$ **s?**
Conocido el período *T*, la frecuencia se puede determinar con la relación:

$$f = \frac{1}{T}$$

que corresponde a la ecuación *1*, pero expresada de manera que resulte más útil para calcular la frecuencia. Si remplazamos el valor, nos queda:

$$f = \frac{1}{2{,}27 \times 10^{-3}\ s} = 440{,}53\ Hz$$

Dicha frecuencia corresponde aproximadamente a la nota *la* (ver frecuencias de las notas musicales, página 22).

Reflexionemos

Contaminación acústica

Generalmente, se cree que los daños al oído se producen por los tonos agudos (de alta frecuencia) y, aunque es cierto que estas ondas sonoras transportan más energía, en rigor el daño auditivo es producto de la intensidad del sonido. Se ha determinado que la exposición prolongada a niveles de sonido de 90 dB, habituales en discotecas, o al oír música por audífonos, puede provocar pérdidas irreparables en la audición, cambios en la presión sanguínea o cambios en el ritmo cardiaco. Algunos científicos proponen que los ruidos muy intensos aumentan la secreción de adrenalina, una hormona que hace que la conducta sea más agresiva. ¿Qué otras situaciones de contaminación acústica se presentan en la vida cotidiana? Propón maneras para evitarlas.

Investigación científica

¿Sería posible observar el sonido?

Planteamiento del problema

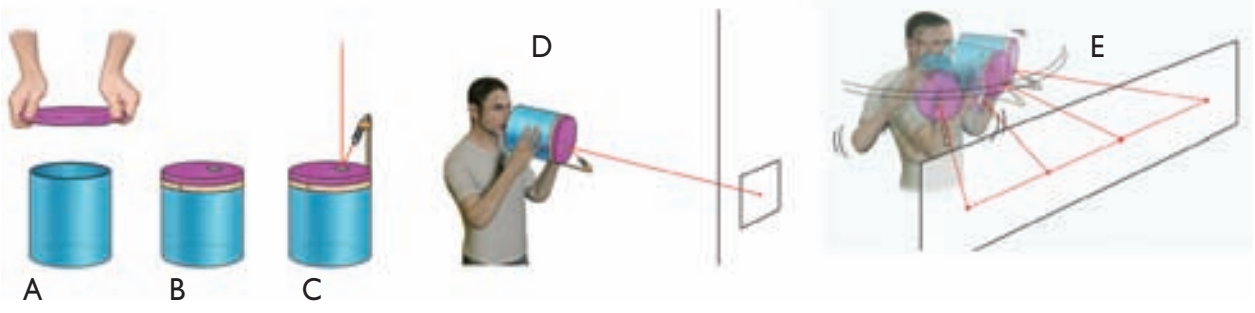
La percepción de todo fenómeno sonoro depende de nuestro aparato auditivo; pero ¿podrá el sonido ser representado de forma visual, de modo de distinguir y asociar características propias de él, como lo son el tono e intensidad, en una representación gráfica? Propón una posible representación gráfica de las principales características del sonido.

Materiales

Reúnanse en grupo de cuatro estudiantes y junten los siguientes materiales: un tubo de PVC de 15 cm de largo y al menos de 10 cm de ancho (puede ser reemplazado por un tarro de café con sus dos extremos abiertos), un puntero láser, un globo o guante quirúrgico, un palito de helado, un elástico grueso, cinta adhesiva y un pequeño trozo de espejo.

Procedimiento

1. Realicen el montaje representado en la secuencia de dibujos (A, B, C).
2. Una vez realizado el montaje, uno(a) debe sostener el tubo con ambas manos y tratar de producir tonos regulares con la voz en el interior de este, observando atentamente las imágenes que se forman (ver figura D).
3. Traten de producir tonos estables, como notas musicales con distinta intensidad y frecuencia (agudos y graves) y observen atentamente lo que ocurre con las imágenes.
4. Mientras producen un tono regular, uno agudo y otro grave, efectúa el movimiento con el tubo, como se muestra en la figura E, mientras el resto del grupo dibuja la imagen que se observa en cada caso.



Análisis

a. ¿Qué sucede con la imagen cuando no produces un tono regular?

b. ¿Qué tipo de figura se forma cuando se produce un tono regular, como una nota musical?

c. ¿Qué variación se ve en la imagen cuando se producen sonidos más intensos (fuertes)?

d. Al mover el tubo como en la figura E y observar la imagen que se forma, ¿qué elemento(s) en dicha imagen se asocian con la intensidad y cuál(es) con la frecuencia?

Indagación: Características de las ondas

¿Cómo se propaga un pulso (perturbación) a través de una cuerda?

Formen un grupo de cuatro compañeros y/o compañeras. Discutan respecto a la pregunta planteada, pensando en las cuerdas de una guitarra o en un cable para tender ropa y traten de responder la pregunta planteada. Elaboren una hipótesis y regístrenla.

Materiales

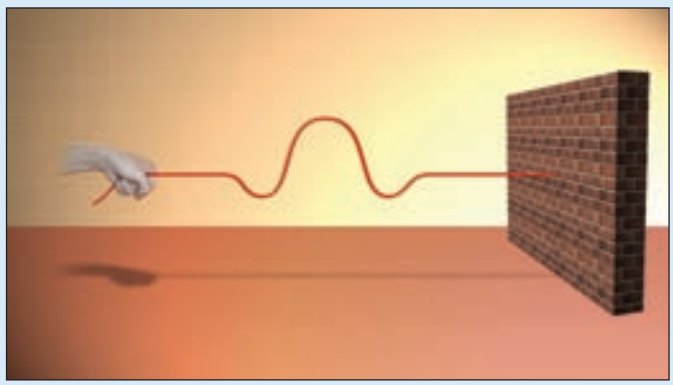
Una cuerda de al menos 3 m de largo.

Procedimiento

1. Tomen un extremo de la cuerda y átenlo firmemente a un muro; para ello pueden utilizar un cáncamo, aprovechar alguna irregularidad del muro o pueden amarrar la cuerda a la manilla de una puerta cerrada.
2. Un estudiante debe tomar la cuerda por un extremo, de manera que ella quede tensa y paralela al suelo.
3. Pídanle al estudiante que realice un rápido movimiento vertical hacia arriba, volviendo luego a su posición inicial. Anoten lo observado.
4. Luego, pídanle al estudiante que repita periódicamente el proceso anterior, es decir, que repita el movimiento a intervalos iguales de tiempo. Observen atentamente y anoten lo que ocurre.

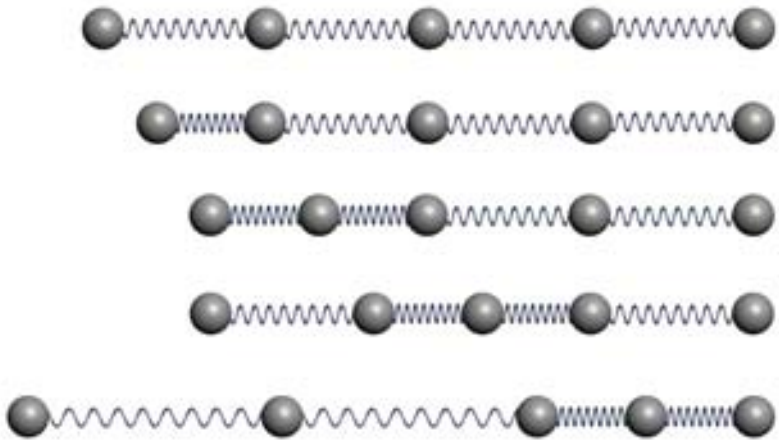
En relación a lo observado en la experiencia, respondan a las siguientes preguntas:

a. ¿Cómo podrían describir con palabras lo que ocurre en la cuerda al realizar el primer movimiento vertical?
b. ¿De qué manera se desplaza la perturbación producida en la cuerda?
c. ¿Cuál es el medio por el cual se propaga la perturbación?
d. ¿Qué ocurre con el pulso una vez que llega al muro?
e. Vuelvan a responder las preguntas anteriores, pero ahora al realizar periódicamente el movimiento vertical.
f. ¿Qué ocurre con la perturbación si el movimiento vertical se hace de mayor tamaño?
g. Al aumentar la frecuencia con que se hace vibrar la cuerda, ¿qué ocurre con la distancia entre pulsos consecutivos?
h. ¿Se verificó la hipótesis planteada?



5. ¿Qué es una onda?

En la experiencia anterior pudiste observar cómo una cierta perturbación producida en una cuerda se puede propagar por un medio material. Al producir un pulso en la cuerda, este fue capaz de viajar hasta chocar con el muro donde una parte fue absorbida y otra parte fue reflejada. Todos estos fenómenos que ya estudiaste para el sonido: la propagación, absorción y reflexión (junto a otros más) son característicos de las **ondas**, pero ¿cómo se podría definir una onda? Observa las siguientes imágenes.



Vemos un sistema formado por cinco masas unidas mediante cuatro resortes. Si se ejerce presión sobre la primera, el resorte se comprime, es decir, se produce una perturbación similar al caso de la cuerda. Esta perturbación se transmite a la segunda masa de la derecha, luego al segundo resorte, y así sucesivamente. Es importante hacer notar que luego de una oscilación, las masas vuelven a su punto de equilibrio inicial, es decir, en este proceso solo se produce una oscilación de las partículas del medio material, pero no un traslado de ellas. Como sabes, la materia que nos rodea está formada por pequeñas partículas. Si una partícula comienza a vibrar, aquella perturbación se transmite a la del lado, y así sucesivamente, produciéndose el fenómeno de la propagación.

Se podría definir una onda como una perturbación que se propaga por el espacio y que es capaz de transportar energía de un punto a otro, pero no materia.

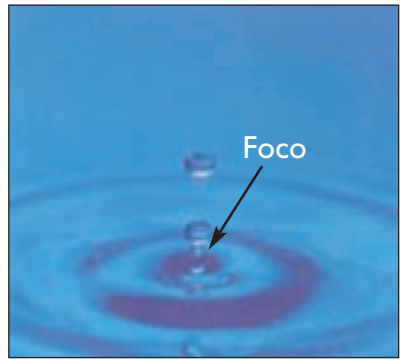
Un buen ejemplo de onda se produce cuando una gota (ver imágenes) cae en un estanque de agua. En este caso, desde el punto en que cae la gota (el centro de la onda se denomina foco), se comienza a propagar la energía en círculos concéntricos, alejándose cada vez más. ¿Qué tipo de movimiento crees que tendría un objeto que flota en el agua en las cercanías del foco?, ¿cómo evidenciaría el paso de la onda?

Conceptos clave

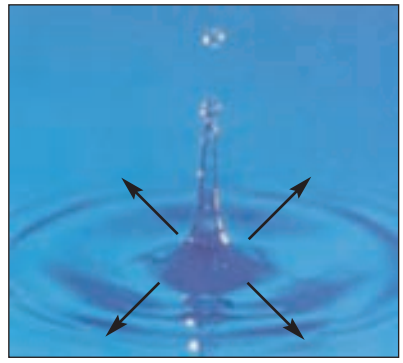
Pulso: energía que se propaga por el espacio y que produce una cierta perturbación.

Foco: lugar donde se origina una onda y desde donde se propaga a otras regiones del espacio.

1. Perturbación.



2. Foco.



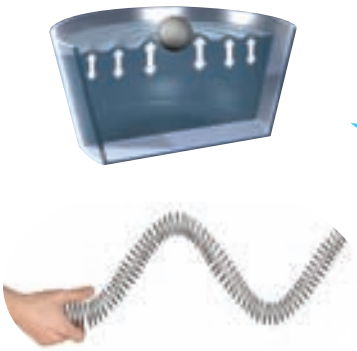
3. Propagación.

5.1 ¿Cómo se clasifican las ondas?

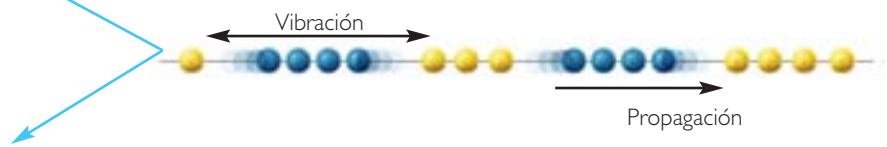
Las ondas se pueden clasificar según la forma en que vibran las partículas, y también según su naturaleza, es decir, al tipo de fenómenos que la originan.

a. Ondas transversales y longitudinales

En la actividad de la cuerda pudiste observar que los pulsos se propagaban desde el oscilador (tu mano) hasta el muro, en dirección horizontal; ¿pero cómo se comportan las partículas del medio? Para determinarlo podrías analizar el siguiente dibujo.



En una onda transversal, el sentido de propagación de esta y la dirección de vibración de las partículas del medio son perpendiculares.



En una onda longitudinal, el sentido de propagación de la onda y la dirección de vibración de las partículas coinciden.

Conexión con... astronomía

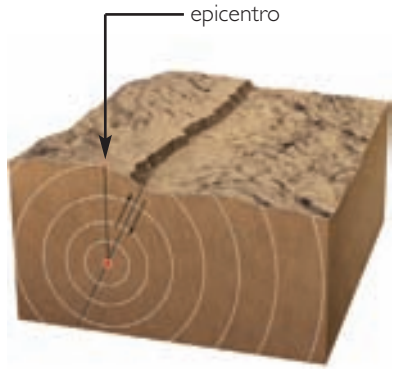
Hay telescopios capaces de captar ondas electromagnéticas emitidas por cuerpos como galaxias o estrellas, muchas veces a millones de años luz de distancia. A través del estudio de las ondas recibidas se pueden determinar cualidades de los cuerpos estudiados, como su composición química o su temperatura.

b. Ondas mecánicas y electromagnéticas

¿Qué tienen en común las ondas sonoras que se propagan a través del aire, las que se producen en la superficie del agua, en una cuerda, o el pulso que se mueve en un resorte? Que todas se propagan a través de un medio material formado por partículas. A estas ondas se les denomina **ondas mecánicas**. Pero ¿existen acaso ondas que se puedan propagar en ausencia de un medio material?; ¿has pensado, por ejemplo, cómo los satélites son capaces de retransmitir las ondas de radio si en el espacio no hay medio material? Este tipo de ondas que no necesitan un medio material para propagarse se denominan **ondas electromagnéticas**. Ejemplo de ellas son las ondas que emite un teléfono celular o un control remoto.

c. Ondas viajeras

Cada vez que oímos el timbre que anuncia el recreo en el colegio, o la música en una casa cercana, es porque las ondas que transportan energía sonora han logrado viajar desde la fuente hasta nuestros oídos. Lo mismo ocurre cuando sentimos las oscilaciones de un temblor: se trata en ese caso de ondas sísmicas que se han propagado desde el epicentro hasta nuestra posición. Estas ondas que se propagan libremente por el espacio, transportando energía, se denominan **ondas viajeras**, y pueden ser mecánicas o electromagnéticas, transversales o longitudinales. En este tipo de ondas sucede que la amplitud va disminuyendo a medida que se aleja de su fuente, de la misma manera que un sonido se hace cada vez más débil con la distancia.



Una onda sísmica viaja desde el epicentro hasta el lugar donde es registrada. Entre más lejos estemos de la fuente, más débil se sentirá la vibración.

d. Ondas estacionarias

Este tipo de ondas se forman cuando una onda viajera se refleja invertida con respecto de la onda incidente, en el extremo de un determinado medio; de esa manera, ambas ondas se superponen (la original y la reflejada), generando una onda que parece estar fija. Entonces, cada partícula del medio oscila con una amplitud fija. Este fenómeno puede ocurrir en cuerdas vibrantes, como las del piano o la guitarra, y en tubos como el caso de una flauta o el tubo de un órgano. En las ondas estacionarias la energía no se propaga libremente, sino que está confinada en una determinada región del espacio.

Una onda estacionaria se produce en la cuerda de un instrumento musical.

e. Ondas armónicas

En una onda de este tipo, los pulsos que producen la vibración se suceden con un período fijo, es decir, están espaciadas con igual intervalo de tiempo, como si dejásemos caer gotas de agua (de igual masa) sobre un estanque cada un segundo: se producirían ondas circulares que podríamos denominar armónicas. Este tipo de ondas también se denominan **periódicas,** por tener un período característico, como el caso de un sonido producido por un diapasón que genera un tono puro, con una frecuencia que es siempre la misma.

Si la gota de agua tiene siempre la misma masa y cae a intervalos iguales de tiempo, se observa una oscilación armónica, con montes y valles equidistantes en el espacio.

Ten presente que:

- La clasificaciones que hemos hecho de ondas no son excluyentes entre sí; por ejemplo, una onda puede ser transversal, armónica y estacionaria, como la onda estacionaria del instrumento musical de la fotografía; o bien longitudinal, armónica y mecánica, como el tono puro producido por un diapasón.

5.2 Elementos de una onda

a. Elementos espaciales de una onda

Analizar

Actividad 9

Ondas en una cubeta de agua

Formen un grupo de trabajo de tres o cuatro integrantes y reúnan los siguientes materiales: un gotario, hojas blancas, una cubeta transparente (puede ser una ensaladera de vidrio o una fuente de plástico, es importante que el fondo sea plano), una lámpara o linterna, y un cronómetro.

1. Pongan dos libros sobre los extremos del papel blanco y sobre ellos la cubeta. Agréguenle agua hasta la mitad.
2. Produzcan pequeñas perturbaciones en el agua con el dedo, mientras buscan la posición de la linterna en que mejor se visualicen esas perturbaciones sobre el papel blanco. Consideren que bajo ciertas circunstancias podría ser más útil la luz del sol.
3. Una vez que puedan observar con claridad las perturbaciones, esperen que el agua esté en calma y dejen caer una gota en el centro de la cubeta. Describan la manera en que se propaga la perturbación.
4. Luego, repitan lo mismo, pero dejando caer gotas cada un segundo. ¿Qué ocurre con las ondas?, ¿de qué manera se comportan? Describan.
5. Finalmente, repitan el procedimiento, pero dejando caer gotas cada dos segundos. ¿Qué ocurre con la distancia que hay entre los círculos que se forman?, ¿qué relación podrían establecer entre el período de la oscilación y la distancia entre los círculos?
6. En los casos observados anteriormente, ¿se observan variaciones en la velocidad con la cual se propagan las ondas?

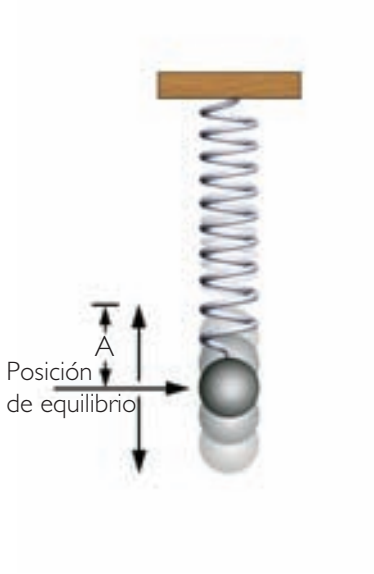
Longitud de onda

En la actividad anterior pudiste observar que cuando se dejan caer gotas con un cierto intervalo de tiempo, se producen distintos círculos concéntricos consecutivos; estos se denominan frentes de onda. Cuando se trata de vibraciones periódicas, se puede apreciar que la distancia es siempre la misma. A esa distancia, entre dos frentes de onda consecutiva, se le llama **longitud de onda** y la abreviaremos con la letra griega λ (lambda).

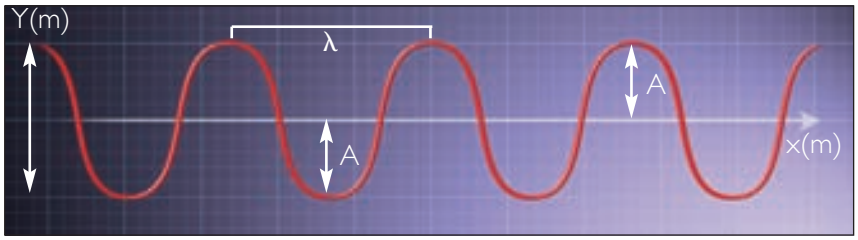
La longitud de onda se mide en metros y es una característica de todas las ondas. En la Actividad 9 observaste también que si mayor es la frecuencia de una vibración, menor será su longitud de onda, es decir, estarán más cercanos entre sí los frentes de onda. Si aplicas esto último al caso de las ondas sonoras, ¿qué podrías decir de la longitud de onda de los tonos graves en comparación con la de los agudos?

Amplitud de onda

La amplitud de una onda representa la elongación máxima que alcanzan las partículas en un determinado medio en su vibración. Por ejemplo, en la vibración de una masa unida a un resorte, la amplitud de dicho movimiento está dado por la distancia que recorre la masa desde su posición de equilibrio (ver dibujo). Mientras mayor es la amplitud de una onda, mayor es la energía que se propaga. En el dibujo, la amplitud se indica con la letra A.

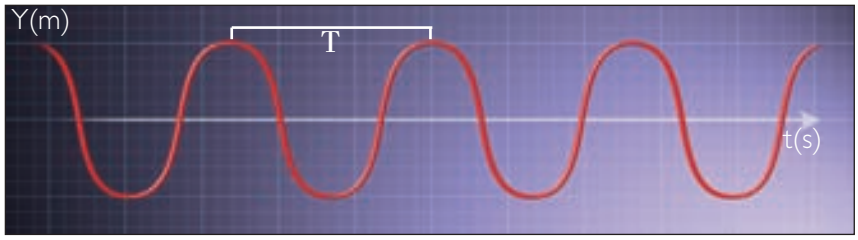


Una onda puede ser representada mediante el siguiente gráfico, en donde se pueden distinguir la amplitud y la longitud de onda.

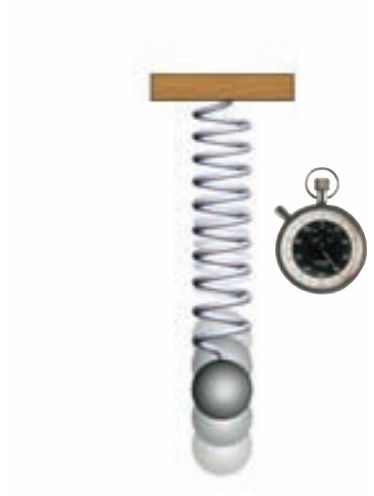


b. Elementos temporales de una onda

Los elementos temporales de una onda, que corresponden al **período** y la **frecuencia**, tienen relación con el tiempo; el primero se mide en segundos, y la frecuencia en Hz. La frecuencia y el período se pueden representar en un gráfico donde el tiempo, medido en segundos, se represente en el eje X, y la amplitud de la onda en el eje Y. Entonces, la altura daría la amplitud, y la distancia entre dos máximos sería el tiempo que transcurre en un período completo de oscilación, es decir, representaría el período de la onda.



Como el valor recíproco del período es la frecuencia, también se podría desprender del gráfico. ¿Cómo se podría representar la velocidad de propagación en un gráfico?, ¿qué magnitudes debería llevar en los ejes?



La magnitud física que se mide en este caso (relacionada con la oscilación) es el tiempo. Para ello se puede utilizar un cronómetro.

Ten presente que:

- Generalmente, se confunde la rapidez con la cual se produce la oscilación (frecuencia), con la rapidez con que se propaga su efecto, la onda, sobre un determinado medio. La imagen muestra un colibrí que bate rápidamente las alas, si nos acercáramos a él oiríamos un zumbido (tono) producto de la frecuencia con que mueve las alas, pero ¿crees que el sonido demoraría lo mismo si fuese capaz de realizar ese movimiento bajo el agua?

Un colibrí es capaz de mover las alas más de 70 veces por segundo.

6. Rapidez de propagación de una onda

La rapidez es una de las magnitudes físicas más importantes. Ella da la razón de cambio entre la distancia recorrida y el tiempo. La unidad física de la rapidez en el Sistema Internacional de Unidades es metro/segundo (m/s). Nos interesa saber con qué rapidez se propaga una onda. Si consideramos la definición general de rapidez como:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde d es la distancia, y t es el tiempo empleado en recorrer esa distancia. En el caso de una onda, las características espaciales y temporales que podríamos conocer son su longitud de onda y su período respectivamente. Como el período es el tiempo que separa dos frentes de onda consecutivos, la rapidez de propagación de una onda la podemos determinar de la siguiente manera:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Donde λ se mide en metros y T en segundos. Ahora bien, como el período está ligado de manera inversa proporcional con la frecuencia (ver ecuación 1 pág. 27), al remplazar el período por $1/f$, nos queda:

$$v = \lambda \cdot f \quad \text{(ecuación 2)}$$

Donde la rapidez se mide en m/s, la longitud de onda en m, y la frecuencia en Hz.

Ten presente que la rapidez de una onda la determinan las propiedades del medio por el cual se propaga. Hemos visto, por ejemplo, que el sonido viaja más rápidamente en el agua que en el aire; según lo anterior, ¿qué pasaría con la rapidez de una onda sonora, si la fuente sonora comenzara a vibrar más rápido? La rapidez de propagación no cambiaría, pues permanece constante para ese medio. Entonces, si la frecuencia aumenta, el valor de la longitud de onda (λ) disminuye para que el producto de la ecuación 2 se mantenga sin variación.

¿Qué sucedería si…?

La luz también se comporta como una onda cuya rapidez es de 300.000 km/s, ¿qué sucedería si la luz y el sonido tuvieran la misma rapidez, esto es 340 m/s aproximadamente? Ahora responde: ¿qué sucedería si la luz y el sonido tuvieran una rapidez de 300.000 km/s?

Ejemplo resuelto 4

Análisis de una onda cuadrada

La imagen que aparece a continuación, simula una onda cuadrada que podría verse en la pantalla de un osciloscopio. Cada cuadradito representa una distancia de un centímetro y la onda demoró 10 segundos en realizar el recorrido que se muestra a una velocidad que no registró variaciones.

1. **¿Cuál es el período de la onda representada en la figura?**

   Sabemos que el período es el tiempo que transcurre en un ciclo completo. La información que tenemos de tiempo es que el dibujo se completó en la pantalla en 10 segundos; como la pantalla está dividida en 10 cuadraditos iguales, podemos asignar 1 segundo para cada uno. De la imagen se puede deducir que un ciclo completo se realiza en 2 cuadraditos (un ciclo se determina por la distancia entre dos puntos seguidos que estén en la misma fase); entonces tendremos que el período de la onda es de 2 segundos.

2. **¿Cuál es la frecuencia de la oscilación?**

   Para determinar la frecuencia, se puede utilizar la ecuación *1*, ya que conocemos el valor del período: Entonces la frecuencia de la onda es de 0,5 Hz.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\ s} = 0{,}5\ Hz$$

3. **¿Con qué rapidez se propaga la onda?**

   Para determinar la rapidez, podríamos utilizar la ecuación 2, que relaciona la rapidez de propagación con la longitud de onda y su frecuencia:

$$v = \lambda \cdot f$$

   Para utilizarla, nos falta saber el valor de la longitud de onda λ, la que se puede determinar directamente observando el dibujo. Como cada cuadradito equivale a un centímetro, la longitud de la onda equivaldría a 2 cm o 0,02 m, expresado en unidades del Sistema Internacional:

$$v = \lambda \cdot f = 2\ cm \cdot 0{,}5\ Hz$$

$$v = 0{,}02\ m \cdot 0{,}5\ Hz$$

$$v = 0{,}01\ \frac{m}{s}$$

   Luego, la rapidez de la onda es de 0,01 m/s.

Síntesis

- **Copia y completa en tu cuaderno las siguientes oraciones:**

a. Las ondas se pueden definir como una _____ que se propaga en _____ y que transporta _____ de un lugar a otro, pero no materia.

b. Hay distintos criterios para clasificar las ondas; según la dirección en que ocurren las vibraciones, en relación con la dirección de propagación de la onda, se pueden distinguir ondas y ondas .

c. Otro criterio de clasificación es su forma de propagación; se llama ondas a aquellas que viajan libremente por el espacio, mientras que aquellas que se confinan en una región del espacio se denominan ondas .

d. La longitud de onda (λ), la _____ (f) y la _____ (v) de una onda se relacionan entre sí por la ecuación $v = \lambda \cdot f$.

- **Elabora o construye un mapa conceptual con los distintos tipos de ondas que se estudiaron en esta sección.**

Evaluación de proceso

1. Busca dos ejemplos de ondas viajeras y dos de ondas estacionarias.
2. Un timbre vibra con una frecuencia de 50 Hz. Su sonido se propaga por el aire con una rapidez de 340 m/s. ¿Cuál es su período y su longitud de onda?
3. Una onda que presenta 6 ciclos se propaga a lo largo de una cuerda, empleando 18 s en recorrer 3 m de longitud. Calcula su longitud de onda, su frecuencia, su rapidez y su período.

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

7. Propiedades de las ondas

Hasta ahora hemos estudiado algunas propiedades de las ondas, como la propagación y reflexión, también cómo se clasifican según la dirección de su vibración, su naturaleza, o, su propagación. A continuación, estudiaremos otras propiedades, poniendo especial énfasis en ejemplos relacionados con el sonido.

7.1 Difracción

Inferir

Actividad 10

Poniendo obstáculos al sonido

Formen grupos de dos personas. Deberán utilizar el sector de la puerta de la sala de clases o de cualquier habitación.

Procedimiento

1. Una(o) debe ubicarse en el interior de la sala, apegado(a) a la muralla, a medio metro de la puerta abierta.
2. El otro(a) debe ubicarse fuera de la sala, a dos metros de distancia del espacio de la puerta. Luego debe emitir el sonido de una vocal.

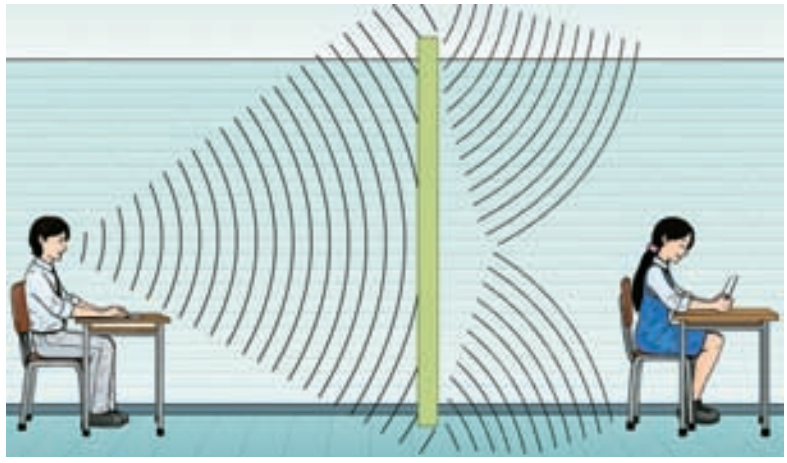
Intercambien roles y, luego, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Se escucha el sonido de la voz de la otra persona?

b. ¿Cómo creen que ocurrirá aquello si la onda sonora no está en línea recta con la persona que escucha?

c. Realicen un dibujo de cómo creen que se comportan las ondas sonoras en el fenómeno recién observado.

En la actividad anterior, pudimos comprobar que se pueden escuchar sonidos desde el exterior a través de aberturas; por ejemplo, una puerta entreabierta o la ranura de un muro (ver figura). Esto ocurre por una propiedad de las ondas conocida como difracción. La difracción se produce cuando la longitud de la onda, en este caso la longitud de onda del sonido, es menor o similar a la longitud de la abertura, en este punto (la abertura) es donde la onda se difracta, posibilitando que la dirección de propagación se amplíe.

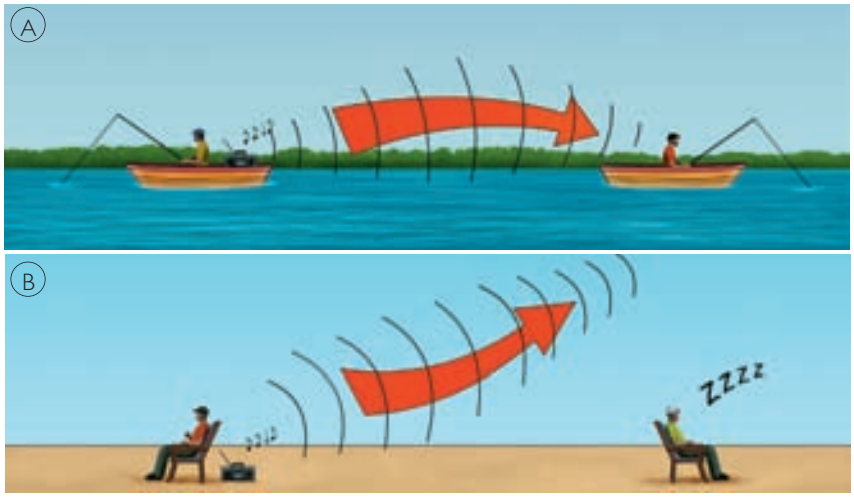


Conexión con... arquitectura

Cuando se construye un edificio funcional (con un determinado propósito), el diseño dependerá mucho de las condiciones físicas del recinto. Por ejemplo, al construir una sala de conciertos se debe tener presente que la temperatura se eleva en las capas más altas, debido a que el aire caliente tiende a subir, aquello producirá refracción del sonido (se desviará), lo que influirá al decidir dónde ubicar los asientos.

7.2 Refracción de ondas

Si dos botes están en un lago separados por varios metros, es posible que los tripulantes puedan escuchar sonidos del otro bote lejano (ver dibujo A). ¿Cómo podrías explicar la situación ilustrada? Recuerda que la rapidez del sonido se modifica si cambia la temperatura del medio, en el aire, por ejemplo, viaja más rápido si mayor es su temperatura. En un lago, la temperatura en las cercanías del agua es menor; esto hace que el sonido cambie su trayectoria, volviendo a las cercanías del agua, cosa que no ocurre en tierra (ver dibujo B). Este fenómeno se llama **refracción** de una onda sonora.



7.3 Superposición de ondas

Observar-inferir

Actividad 11

Superposición del sonido

Realiza el siguiente experimento: en la hora del recreo ubícate en algún lugar del patio y cierra los ojos.

Responde:

a. ¿Puedes distinguir las voces de varios compañeros al mismo tiempo?

b. ¿Por qué crees que no se mezclan entre sí, o se destruyen si son ondas sonoras?

En la actividad anterior, escuchando atentamente el sonido que se produce en el patio o en un lugar muy concurrido, verificamos la capacidad de las ondas sonoras de superponerse, sin perder las cualidades de cada una. Esta es una propiedad de los fenómenos ondulatorios, y se conoce como superposición de ondas.

8. Efecto Doppler

Observar-descubrir

Actividad 12

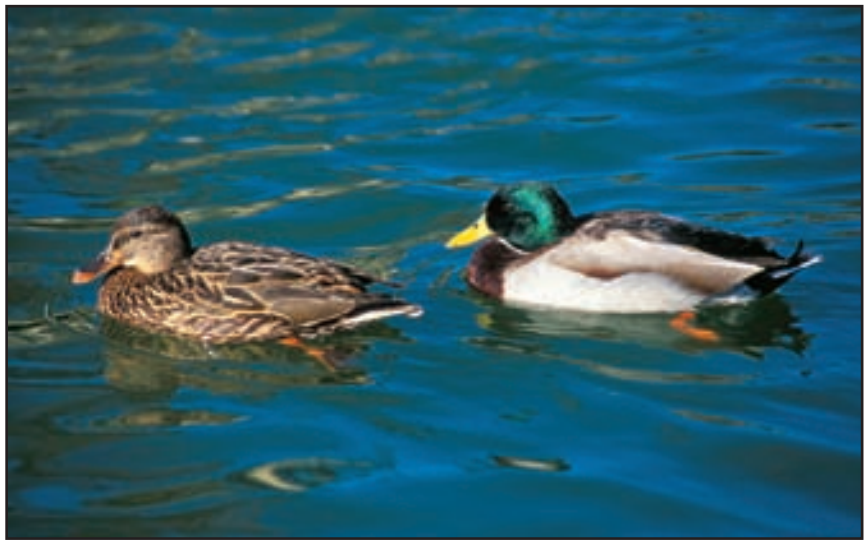
Moviendo una fuente sonora

Formen un grupo de cuatro o cinco integrantes. Necesitarán un celular como fuente emisora de sonido.

1. Hagan que el celular emita el tono más regular que tenga.
2. Pongan el celular a la máxima distancia del oído que permita el brazo.
3. Muevan rápidamente el celular, acercándolo y alejándolo del oído.
4. Describan cómo perciben el sonido.

Algo similar a lo observado en la actividad anterior se puede apreciar al ubicarse en la calle, en un lugar donde transiten vehículos; notarás que el tono del sonido sufre una variación si el móvil se acerca a tu posición o si se aleja de ti. Mucho más notorio sería el efecto si tuvieras la oportunidad de escuchar una ambulancia que lleva su sirena encendida; notarás que a medida que se acerca, el tono se hace más agudo, mientras que cuando se aleja de ti, el tono se hace más grave. ¿Qué ocurre, entonces, con la frecuencia del sonido? La frecuencia del sonido percibida por una persona en reposo cambia durante el desplazamiento de la fuente que lo genera. Sin embargo, en los casos descritos sabemos que la frecuencia del sonido se mantiene constante. Este fenómeno, en que la frecuencia de la onda sufre un cambio producto del movimiento relativo que hay entre la fuente sonora y el receptor, se denomina **efecto Doppler**, y ocurre para todo tipo de ondas.

Imagina una fuente de ondas armónicas que se propagan de forma circular y concéntrica por el agua; si de pronto la fuente se comenzara a mover, los círculos se comenzarían a apretar en el sentido de avance de la fuente, mientras que en la dirección opuesta, los círculos se distanciarían. ¿Qué ocurre con la longitud de onda en cada caso?

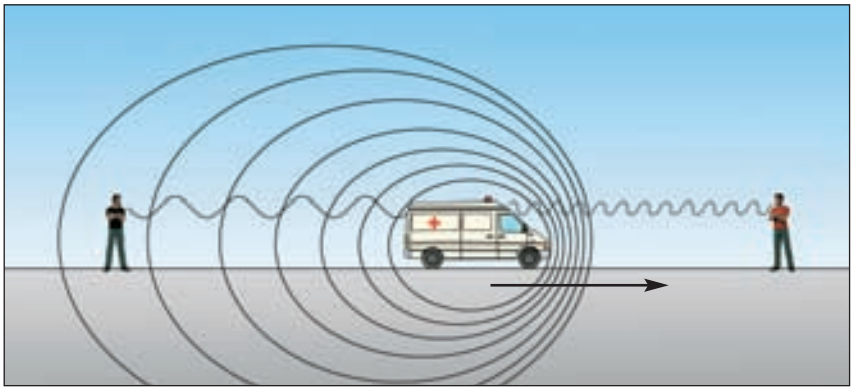


Al avanzar, las ondas se comprimen, disminuyendo su longitud de onda; lo opuesto ocurre en la región posterior al pato.

¿Quiénes describieron el efecto Doppler?

El efecto Doppler fue enunciado por primera vez por el austríaco **Christian Doppler**, quien lo propuso en el año 1842 en una monografía titulada "Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros". Su hipótesis fue investigada en 1845 para el caso de ondas sonoras por el científico holandés Christoph Diederik, confirmando que el tono de un sonido emitido por una fuente que se aproxima al observador es más agudo que si la fuente se aleja. El físico francés **Hippolyte Fizeau** descubrió, independientemente, el mismo fenómeno en el caso de ondas electromagnéticas, en 1848, por lo que en Francia este efecto se conoce como "efecto Doppler-Fizeau".

En el siguiente esquema se representa el efecto de las ondas sonoras de un vehículo con respecto a dos observadores.

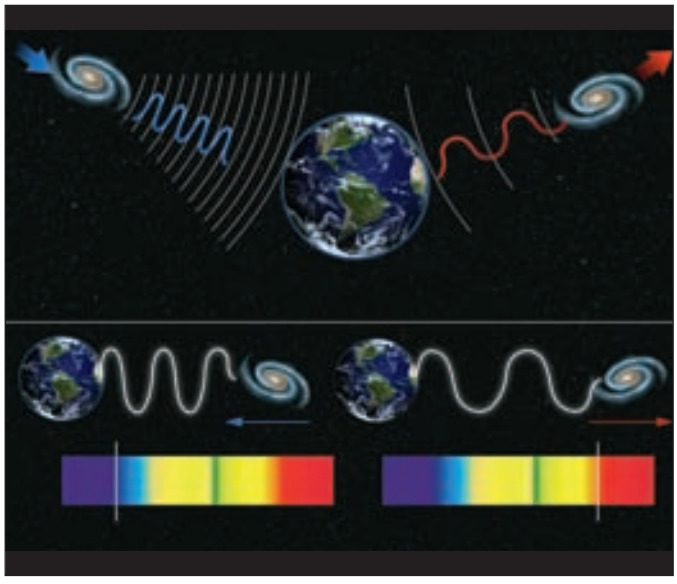


Inter@ctividad

En la siguiente página web podrás visualizar el comportamiento de las ondas emitidas por un cuerpo al que le puedes variar su velocidad.
http://galileoandeinstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/doppler.htm
Observa lo que ocurre con las ondas cuando el cuerpo alcanza su velocidad máxima.

Conexión con… astronomía

En la Astronomía, y específicamente en la Cosmología (estudio del cosmos), el efecto Doppler ha servido para realizar grandes descubrimientos, como la expansión del Universo. Como la luz está formada por ondas, cuando estas se alejan del observador sufren un aumento de su longitud de onda, lo que en la región visible de la luz se traduce en un acercamiento al rojo. Como la situación anterior ha sido observada en todas las galaxias, ha servido de prueba para verificar la expansión del Universo. Como este comportamiento de la luz es tan difícil de observar a simple vista, se hace mediante un instrumento llamado espectroscopio, con el cual se analiza la información (luz) que llega de galaxias, estrellas, nebulosas u otras fuentes espaciales.

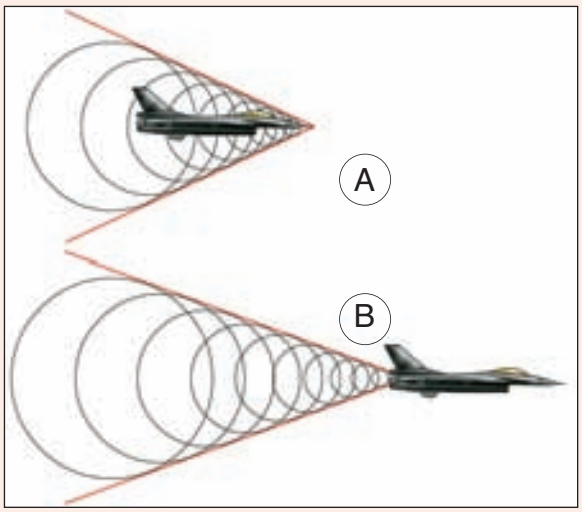


Ciencia - Tecnología - Sociedad

Aviones supersónicos

De acuerdo al efecto Doppler, una fuente sonora en movimiento genera una deformación en las ondas que produce, comprimiéndose en el sentido de su avance y distanciándose en su parte posterior. Si ese fenómeno se lleva al extremo en que la fuente sonora se mueve a la misma rapidez que las ondas que produce, entonces las ondas se apilan una frente a otra como en la figura A. En el caso de un avión que se desplaza por el aire, esto ocurre cuando su velocidad es de 340 m/s; en aviación a esa velocidad se la denomina mach 1.

Cuando un avión viaja a esa velocidad, siente una gran oposición a su avance, pues las ondas apiladas crean perturbaciones de aire en las alas. Durante algún tiempo se creyó que esa velocidad constituía una "barrera del sonido"; pero, es fácilmente observable, por ejemplo, en las embarcaciones, que aquel límite se puede superar, por eso los constructores de aviones se abocaron a mejorar el diseño y a imprimirles una mayor potencia para poder superar ese límite. Cuando aquello se logra, se generan ondas de choque en todas las direcciones que transportan una gran cantidad de energía, produciéndose un estampido sonoro. En ese momento se dice que se "rompe la barrera del sonido".



El patrón de ondas que se produce mientras el avión se desplaza es como el de la figura B; patrones como esos son fácilmente observables en lanchas que se desplazan en una bahía, o en insectos que caminan sobre el agua. Esa forma en V es conocida como "onda de proa".

Cuando una embarcación o un avión se mueve en esas circunstancias, lo hace de una manera mucho más llana, pues no siente la perturbación de las ondas que produce. En la actualidad, son muchos los aviones que pueden viajar a velocidades supersónicas; por eso es que cuando vemos uno de ellos, nos parece que el sonido no proviene de su imagen, sino desde un punto situado más atrás.

Fuente: Archivo Editorial.

En relación a la lectura, responde las siguientes preguntas:

1. ¿En qué condiciones una fuente sonora que se desplaza experimenta mayor oposición al avance?
2. ¿En qué consiste el estampido sonoro?
3. ¿En qué consiste una onda de proa?
4. ¿Deja de ocurrir el efecto Doppler cuando se rompe la barrera del sonido?

Todo sonido se origina a partir de un proceso vibratorio

Al moverse la fuente, se produce una deformación de las ondas que se emiten, llamado efecto Doppler.

El sonido es percibido con una serie de características:
Timbre: es lo que permite diferenciar un instrumento musical de otro, pese a que emitan una misma nota.
Intensidad: se relaciona con el volumen sonoro y con la amplitud de la vibración que genera el sonido.
Tono: se relaciona con la frecuencia con que un sonido es emitido y generalmente distinguimos las frecuencias agudas y graves.

Línea de tiempo

582-507 a. C.

La antigua Grecia fue la cuna de la filosofía, de la matemática y de la ciencia en general. Existía un gran interés por el conocimiento.

384-322

En el siglo V a. C. Pitágoras plantea que el sonido es una vibración del aire. Estudió la vibración de las cuerdas.

Aristóteles, en el siglo III a. C. reúne los conocimientos existentes sobre la acústica en un libro llamado **De Audibilibus.**

1564-1642

A fines del siglo XV comienza el Renacimiento, surgen las ciudades como centros de cultura.

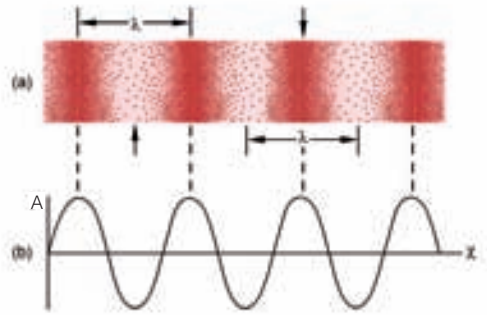
En el siglo XVI, Galileo Galilei estudió, mediante péndulos, la relación entre la frecuencia y el período.

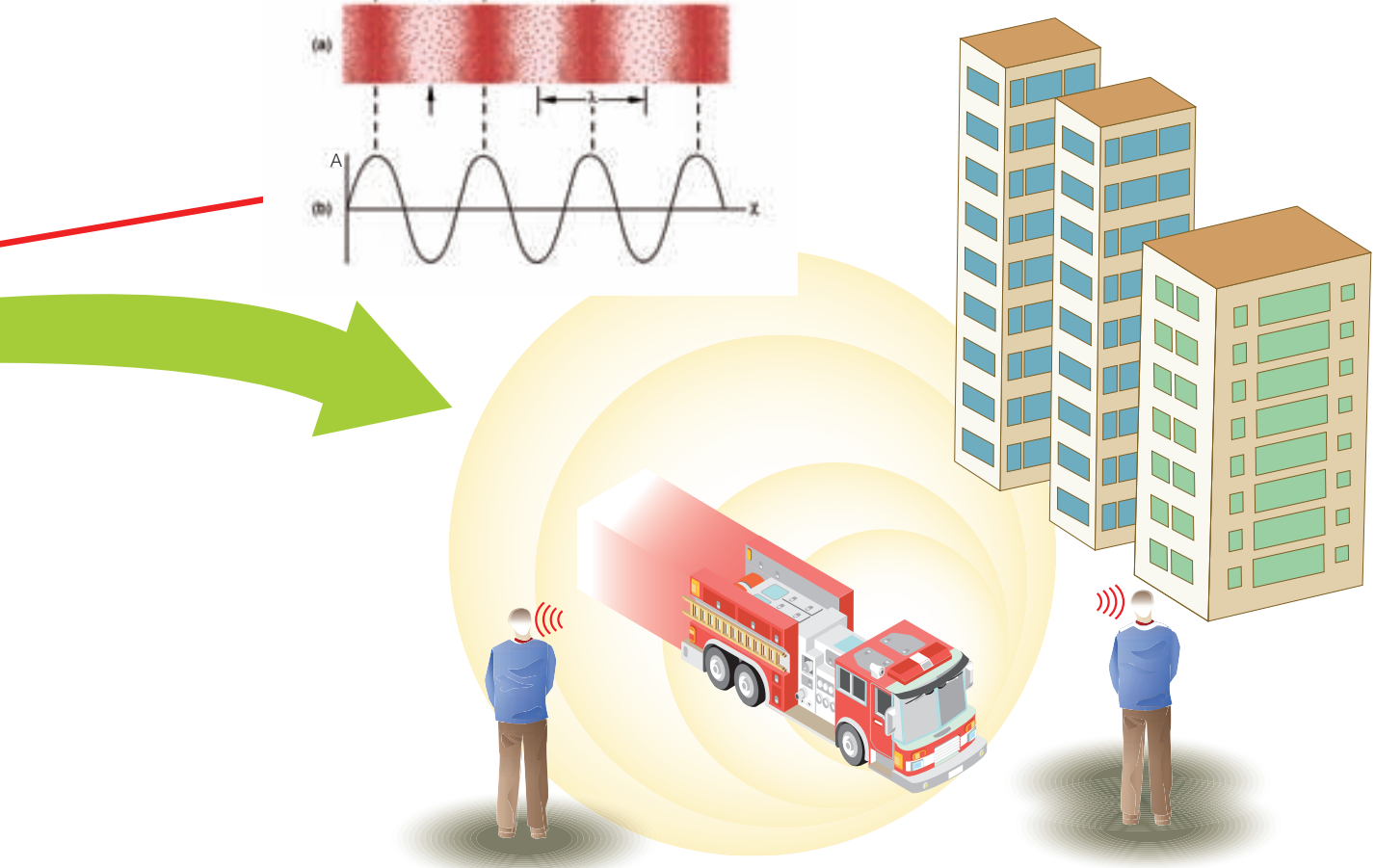
1653-1716

A comienzos del siglo XVII se encuentra el apogeo de la Ilustración, se reúne el conocimiento en enciclopedias. Hay una gran efervescencia intelectual.

Joseph Sauveur, fundador de la acústica musical, a comienzos de 1700 investigó sobre los límites de la audición humana.

El sonido, como es una onda, puede ser representado gráficamente.
Las principales características espaciales de una onda son: la amplitud (A), y la longitud de onda (λ).





Para un observador que escucha mientras la fuente de emisión sonora se aleja de él, el sonido se percibe más grave.

Para un observador que escucha mientras la fuente de emisión sonora se acerca a él, el sonido se percibe más agudo.

Línea de tiempo

1707-1783

A fines del siglo XVIII la Revolución Industrial se caracterizó por progresos técnicos y científicos.

1756-1827

Al comienzo del siglo XIX la agricultura deja de ser la base de la economía, siendo ahora el comercio.

1857-1894

En la época moderna hay un gran desarrollo de tecnología. Se facilitan las comunicaciones. Se estudia la materia a pequeñas escalas (Física cuántica) y a grandes escalas (Cosmología).

A mediados de 1700, Euler plantea matemáticamente el fenómeno de superposición de ondas.

A comienzos del 1800, Chladni estudió las vibraciones según los tonos musicales, la vibración de las cuerdas y la propagación del sonido en cuerpos sólidos y medios gaseosos.

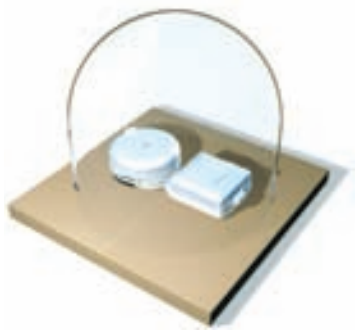
Hertz, a fines del 1800, demostró la existencia de ondas electromagnéticas e inventó el primer aparato que transmite ondas de radio.

¿Cuánto avancé?

Regresa a las páginas 10 y 11 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica. ¿Cómo fueron tus logros con respecto a la evaluación anterior?

Comprendo

Resuelve las siguientes preguntas.

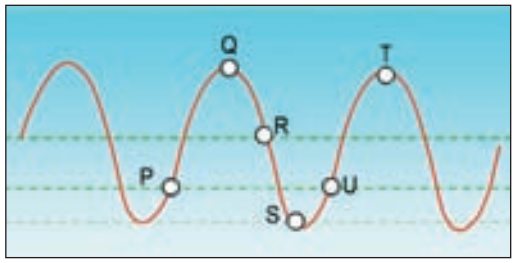


1. El esquema muestra una cámara de vacío, es decir, un montaje experimental que permite extraer el aire de su interior. Si se pone un timbre eléctrico dentro del aparato y va sacando el aire que lo rodea, ¿cómo se escuchará el sonido del timbre a medida que pasa el tiempo? Explica.

2. ¿Qué elementos son necesarios para convertir una pieza común en un estudio de grabación de buena calidad?

3. ¿Por qué se escucha distinta la voz propia al escucharla en una grabación?

4. Supón que la línea curva de la figura es una fotografía de parte de una cuerda muy larga en la cual se está propagando una onda.
   ¿A qué corresponde la longitud de onda?



   a. A la longitud del trazo PQ.
   b. A la longitud del trazo QR.
   c. A la longitud del trazo PU.
   d. A la longitud del trazo ST.
   e. Ninguna de las longitudes anteriores.

5. Un tren toca su bocina y se mueve con una velocidad constante, acercándose a un observador estacionario. ¿Qué escucha el observador a medida que el tren se acerca, en comparación con el maquinista del tren?

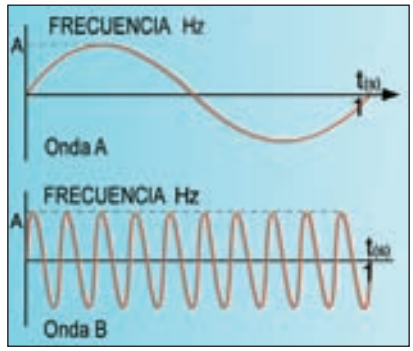
   a. Un tono gradualmente más agudo.
   b. Un tono constante, más agudo.
   c. El mismo tono.
   d. Un tono constante, más grave.
   e. Un tono gradualmente más grave.

6. Una sirena de bomberos genera ondas que se propagan en el aire. ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es verdadera?

   a. Las ondas son transversales y viajan con la misma rapidez en todas las direcciones.
   b. Las ondas son longitudinales y viajan con mayor rapidez en una dirección más que en las otras.
   c. Las ondas son longitudinales y viajan con la misma rapidez en todas las direcciones.
   d. Las ondas son transversales y viajan con mayor rapidez en una dirección más que en las otras.
   e. Las ondas pueden ser longitudinales o transversales que viajan a igual rapidez en todas las direcciones.

Analizo

1. **En relación a la figura que aparece a continuación, responde las siguientes preguntas:**



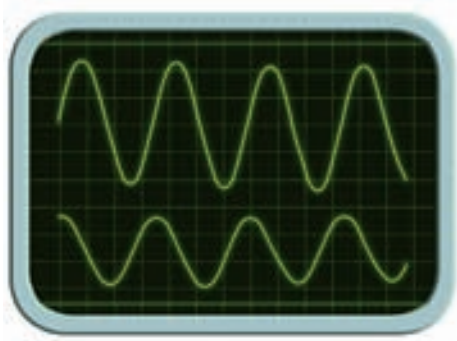
   a. Si en el eje horizontal se representa el tiempo, ¿cuánto ha transcurrido para los dos casos?
   b. Si las ondas representan sonidos, ¿cuál de las dos se percibirá con un tono más agudo?
   c. ¿Qué representa la distancia horizontal entre dos máximos consecutivos?
   d. ¿Qué ocurriría con la distancia anterior, en caso de que la onda entre a un medio donde su velocidad de propagación sea menor?

2. **Una onda sonora sale del agua al aire. Al respecto, ¿cuál de las siguientes opciones es correcta?**

   a. La rapidez de propagación de la onda aumenta al salir del agua.
   b. La longitud de la onda aumenta al salir del agua.
   c. La frecuencia de onda aumenta al salir del agua.
   d. El período de la onda, al propagarse por el aire, es mayor que cuando se propagó por el agua.
   e. La rapidez de la onda disminuye al salir del agua.

   (Adaptada del documento oficial de la Universidad de Chile, preparado por el Demre para el proceso de admisión 2005).

3. **La imagen que aparece a continuación es lo que se vería en un osciloscopio, producto de captar dos señales diferentes al mismo tiempo. Cada cuadrito representa horizontalmente 1 s y verticalmente 0,5 cm.**



   En relación a lo anterior, contesta las siguientes preguntas:

   a. ¿Se podría decir que se trata de ondas armónicas? Explica.
   b. Si se tratara de sonidos, ¿cuál se escucharía más grave?
   c. ¿Cuál de los dos se escucharía más fuerte?
   d. ¿Debido a qué principio es que el oído podría distinguirlos como dos sonidos diferentes?

4. **Una persona parada en el anden de la estación de trenes, observa un tren que pasa sin detenerse tocando la bocina. ¿Cómo varía la longitud de onda del sonido percibido por la persona a medida que el tren se va alejando?**

Aplico

1. Si un trueno se escucha 20 s después de observado un relámpago, ¿a qué distancia se produce la tormenta eléctrica, si la rapidez de la luz es de 300.000 km/s?

2. En el siglo XIX, la gente ponía su oído sobre los rieles del ferrocarril para saber si venía algún tren. Propón dos hipótesis que expliquen lo aseverado en el párrafo anterior.

3. Los datos obtenidos de un experimento en que se varió el período para determinar la relación de este con la frecuencia fueron:

Frecuencia (Hz)	Período (s)
1	1
0,6	2
0,35	3
0,25	4
0,21	5

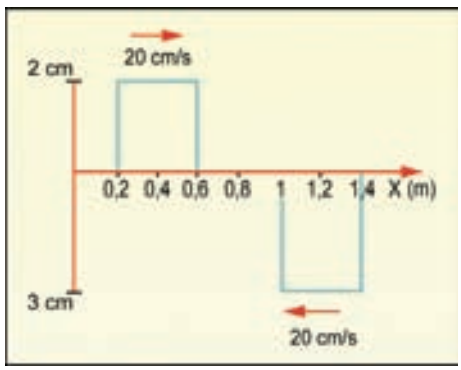
De la tabla anterior se puede inferir que:

I. al aumentar el período aumenta la frecuencia.
II. al aumentar el período disminuye la frecuencia.
III. el período fue la variable dependiente.
IV. la frecuencia fue la variable dependiente.

a. Solo I. b. I y III. c. I y IV. d. II y III. e. II y IV.

4. En la figura se ilustran dos pulsos viajeros cuadrados que se propagan por el mismo medio en sentidos contrarios, con una rapidez de 20 cm/s.

Dibuja en tu cuaderno, o en un papel milimetrado, la onda resultante en los instantes 1s, 1,5 s y 3s, posteriores al que se muestra en la figura (tiempo 0):



Construcción de un instrumento musical

Antecedentes

Como sabes, muchos elementos que te rodean emiten sonidos, por ejemplo: elásticos tensados o hilos de plástico; láminas metálicas; tubos de metal, plástico o madera. También hemos visto que para "aprovechar" mejor el sonido, se puede usar una "caja de resonancia", que podría ser perfectamente un tarro, una caja de zapatos u otro recipiente que permita orientar el sonido y evitar su rápida atenuación. Tomando en cuenta todos estos antecedentes, te proponemos fabricar tu propio instrumento musical.

1. Objetivo

Construir un instrumento musical que presente una determinada escala de tonos.

2. Planificación

Siempre es bueno utilizar un método para resolver un problema, una manera de ordenar tu trabajo es planteándote pequeñas metas, tales como:

- elegir cuál va ser la naturaleza de tu instrumento (lámina vibrante, cuerdas o tubos).
- determinar cuál de las variables (longitud, tensión, grosor, etc.) corresponde a la variable que determina el tono del sonido.
- indicar otras magnitudes físicas que puedan influir y que debes controlar para que sean constantes durante la investigación.
- establecer una manera para controlar la frecuencia de los sonidos originados, de manera de obtener algo parecido a una escala musical.

También puedes contestar las preguntas:

- ¿de qué depende la característica del tono para la fuente sonora elegida?
- ¿cómo vas a fijar las distintas fuentes sonoras para lograr una escala?
- ¿qué material conviene utilizar como caja de resonancia?, ¿por qué?
- ¿dónde y cómo registrarás la información?

3. Ejecución

Una vez planificado el trabajo, puedes realizar la experiencia, teniendo especial cuidado en la manipulación de los materiales, al igual que en otros factores que puedan incidir y que no habías pensado. Registra tus resultados.

4. Evaluación y análisis

Una vez finalizado el instrumento musical, evalúalo, por ejemplo, a través de una pauta de cotejo donde se compare lo esperado con lo logrado. Escribe un informe en que expliques con detalle el funcionamiento del instrumento y los problemas que debiste sortear para construirlo.

5. Proyección

Piensa en una posible ampliación de tu proyecto, considerando, por ejemplo, las magnitudes físicas que permanecieron constantes y que ahora pueden pasar a ser variables.

Unidad

2 La luz

Quizás el sentido más importante para los seres humanos es el de la vista, mediante su uso distinguimos la forma y el color de los objetos, podemos estimar la distancia a la que se encuentran o si están en movimiento. Todo lo anterior de vital importancia para la sobrevivencia. Pero, además, nos permite apreciar la belleza de la naturaleza y de las obras de arte, con lo cual nos abre las puertas al goce estético visual. El estudio de la naturaleza de la luz, su comportamiento y su interacción con los objetos se remonta a miles de años. En Física se denomina óptica al estudio de la luz. En esta unidad, resumiremos parte importante del conocimiento de la ciencia sobre la luz, y algunas de sus aplicaciones más importantes.

Aprenderás a:

- Reconocer que la luz puede ser entendida a través de un modelo ondulatorio y que, por lo tanto, tiene todos los comportamientos asociados a las ondas, como propagación, reflexión, refracción y difracción, entre otras.
- Asociar fenómenos luminosos de la experiencia cercana, como el arco iris o las imágenes que forma un espejo.
- Analizar comparativamente la reflexión en espejos planos y espejos curvos.
- Analizar comparativamente la refracción en lentes convergentes y lentes divergentes.
- Asociar los avances de la óptica con su aplicación en telescopios, microscopios, calefactores y otros artefactos importantes.
- Identificar problemas, hipótesis y procedimientos experimentales.
- Interpretar datos empíricos con la finalidad de probar o desechar hipótesis.

Actividad inicial

En estas páginas se presentan una serie de fotografías. Reúnete con una compañera o compañero y trabajen en las siguientes actividades:

1. Observa cada una de las imágenes y elabora una lista de los elementos comunes que encuentras entre ellas, desde el punto de vista de la luz.
2. Identifica en cada fotografía , los elementos que generan luz y elementos en los cuales la luz proviene de otra fuente.
3. ¿De dónde proviene la luz en cada uno de los casos?
4. ¿En qué fotografías se reconocen algunas propiedades de las ondas que se pueden aplicar a la luz?
5. Respecto a ambas fotografías, la luz de cuál de las fuentes debe recorrer una mayor distancia para llegar a un observador.

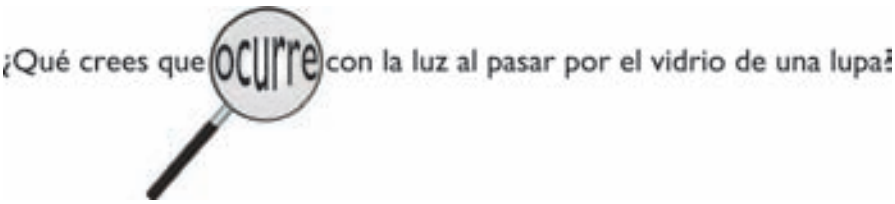
Responde en tu cuaderno

1. Explica qué entiendes por: electrones, protones y neutrones, y cuáles son sus características principales.

2. Una persona hace figuras con sombras que producen sus manos en una pantalla, para aquello es necesario que:

A	B	C	D
La pantalla esté entre la fuente de luz y las manos.	La fuente de luz esté entre las manos y la pantalla.	Las manos estén entre la pantalla y la fuente de luz.	Exista una fuente de luz en la pantalla.

3. ¿Qué crees que ocurre con la luz al pasar por el vidrio de una lupa?



4. Una persona se protege del sol con una sombrilla, ello es posible porque la luz se podría comparar con:

A	B	C	D
Una lluvia de pequeñas pelotitas que provienen del sol.	Una emisión de partículas oscuras que salen de la sombrilla.	Rayos que provienen del sol y que viajan en línea recta.	Una sustancia que está presente en todo el aire y que es absorbida por la sombrilla.

¿Cuál o cuáles de las alternativas piensas que da una mejor respuesta?

5. Menciona las características que conoces de las ondas.

6. ¿Dónde crees que se origina la luz?

7. Si colocas un lápiz en un vaso de agua, este parece quebrarse en el límite del agua con el aire. ¿Tendrá este fenómeno algo que ver con lo que ocurre en una lupa?

8. ¿De qué manera se podría relacionar la forma en que se propaga una onda, con la forma en que lo hace una partícula? Piensa en ambos casos y elabora una hipótesis.

9. Un grupo de alumnos observa que al reflejar las letras de un diario en un espejo plano, estas aparecen al revés. Ellos proponen las siguientes ideas para explicar el fenómeno:

   a. el espejo siempre refleja las cosas al revés.

   b. el espejo las refleja derechas, pero el ojo invierte la imagen.

   c. la imagen se ve invertida, porque la luz son rayos que se cruzan.

   ¿Cuál de las suposiciones podrían tener la categoría de hipótesis?

10. ¿Qué diferencias y semejanzas crees que existen entre un telescopio y un microscopio?

Lo que me gustaría saber

- Elabora un listado de preguntas relacionadas con el comportamiento de la luz y su naturaleza, piensa en interrogantes que quisieras poder explicar una vez finalizada esta unidad.
- Identifica problemas cotidianos que te afecten a ti o a tu entorno y que se relacionen con la luz. ¿Cómo crees que influye, por ejemplo, la cantidad de luz cuando estudias?

Indagación: Naturaleza de la luz

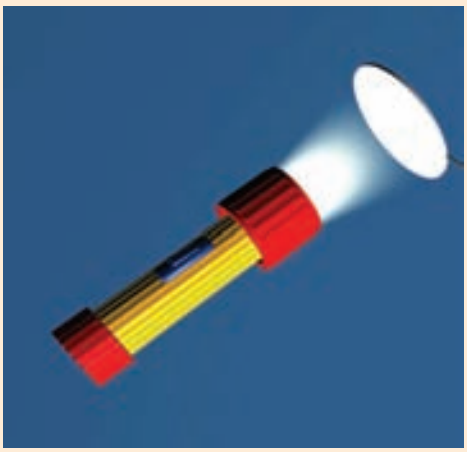
¿Por qué la sombra de un objeto conserva la misma forma de este?

Formen grupos de tres o cuatro compañeros o compañeras y discutan en torno a la pregunta de investigación. Elaboren una lista con ideas y planteen una hipótesis acerca de la forma en que viaja la luz.

Para intentar responder la interrogante, deberán reunir primero los siguientes materiales: una linterna o una lámpara de pie, cartón negro, cartón blanco, tijeras y una huincha de medir. Deben realizar la experiencia en una sala que se pueda oscurecer, por ejemplo, cerrando las cortinas, de manera que la fuente de luz del experimento sea la principal. Luego, sigan los siguientes pasos.

Procedimiento

1. Recorten distintas figuras de cartón blanco y negro; un círculo de 10 cm de diámetro, un cuadrado de similar tamaño y una figura irregular.
2. Ubiquen cada una de las figuras a un metro de distancia de un muro, e ilumínenla de manera que la luz incida perpendicularmente en la superficie. Observen las sombras.
3. Repitan la experiencia haciendo incidir la luz sobre el cartón blanco y el cartón negro.
4. Luego, alejen medio metro el círculo y vuelvan a realizar la experiencia. Midan el diámetro de la sombra que se forma en el muro.
5. Repitan el paso anterior, alejando cada vez medio metro la figura y llegando hasta los tres metros de distancia. Registren los valores obtenidos en una tabla.



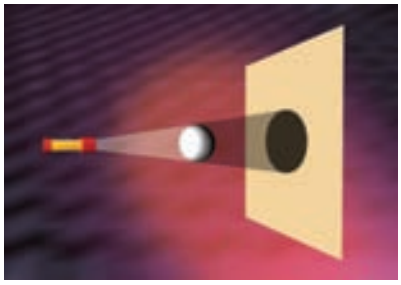
Con relación a lo observado en la experiencia, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Se conserva la forma de las figuras en las sombras que se proyectan en el muro?
b. ¿Qué diferencia se observa en las superficies al iluminar las figuras por el lado blanco y por el lado negro?, ¿qué creen que ocurre con la luz en ambos casos?
c. Al alejar las figuras del muro, ¿qué ocurre con el tamaño de las sombras?
d. A partir de lo anterior, ¿se podría determinar de qué manera se propaga la luz por el espacio?
e. ¿Verificaron la hipótesis inicial? Expliquen.

1. La luz y su naturaleza

1.1 La luz como partícula

Desde la antigüedad se han estudiado fenómenos relacionados con la luz. Pero, ¿de qué está constituida la luz? Un acercamiento desde la Física, para dar una respuesta, pasa por estudiar cómo es su comportamiento. En la "Indagación inicial" pudiste replicar algunas de las observaciones similares a las que ya se habían realizado a principios del siglo XVII. Estas observaciones pueden resumirse en:



Que la sombra de los objetos conserve su forma fue una de la evidencias para afirmar que la luz se movía en línea recta.

- La luz se propaga en línea recta, esto se desprende porque la sombra de los objetos mantiene su forma, o se puede observar cotidianamente, por ejemplo, cuando se levanta polvo al barrer y entran rayos de luz solar a una habitación, donde se observará claramente la trayectoria rectilínea de la luz.
- Cuando se interpone un obstáculo en el recorrido de la luz, se produce sombra, es decir, ausencia de luz.
- Cuando la luz llega a las superficies, esta se refleja. Esto es algo que experimentamos cotidianamente; de lo contrario, no veríamos los objetos que nos rodean.

Estas tres evidencias fueron consideradas por el físico inglés **Isaac Newton** (1643-1727) para explicar el comportamiento de la luz, a través de un modelo conocido como **teoría corpuscular**. En ella planteaba que la luz estaba compuesta por pequeñísimas partículas. Esto podía explicar satisfactoriamente los puntos mencionados más arriba, aunque dejaba otras observaciones sin respuesta. Aun así, esta teoría fue mayoritariamente aceptada hasta el siglo XVIII, quizás debido al gran prestigio de este científico.

Ten presente que:

- Cuando se habla en ciencia de un modelo científico, se refiere a la explicación de un cierto fenómeno a través del uso de analogías. Por ejemplo, la teoría corpuscular funciona de tal manera que si imaginamos la luz compuesta de pequeñas pelotitas se pueden explicar muchos fenómenos observados. Las teorías científicas se van perfeccionando a medida que explican nuevos fenómenos.

¿Qué sucedería si…?

La teoría de Newton acerca de la luz se basa en la existencia de pequeños corpúsculos. Piensa en el caso de una ampolleta que está encendida, si está emitiendo constantemente corpúsculos, ¿por qué no pierde masa hasta desaparecer?

1.2 La luz como una onda

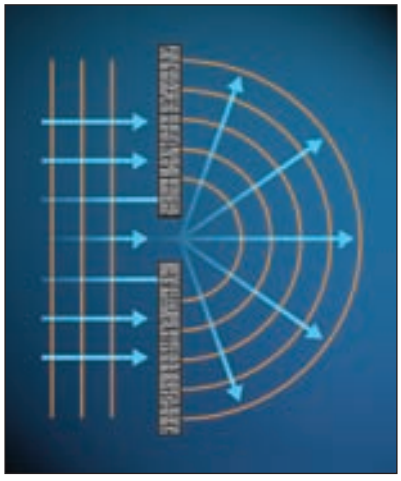
Observar-describir

Actividad 1

¿Qué ocurre con la luz al pasar por una abertura?

Consigue una lámina de aluminio, como las que vienen en los tarros de café instantáneo y una pequeña aguja delgada.

1. Realiza una pequeña perforación en el centro de la lata, utilizando la aguja. Pon especial cuidado en que solamente la punta de ella atraviese la lámina.
2. Con una mano, cúbrete un ojo y con la otra sostén la lámina frente al otro ojo, con el brazo estirado.
3. Ubícate en una habitación que esté a oscuras y observa, a través del agujero, una ampolleta que esté en otra habitación, a una distancia de seis a ocho pasos.
4. Dibuja en tu cuaderno lo que observas cuando la luz penetra en el agujero de la lámina y compáralo con las fotografías y dibujos de difracción que están en la unidad de sonido.



Según Huygens, en la abertura, cada punto de la porción de la onda se convierte en foco emisor de ondas. En los extremos de la abertura, los focos emisores son responsables de que las ondas se abran y bordeen las esquinas.

En la unidad de sonido estudiamos el fenómeno llamado difracción, según el cual, una onda se curva al pasar por un agujero o al chocar con un obstáculo, siempre y cuando la **longitud de la onda** sea de un tamaño similar al tamaño del obstáculo. El físico holandés **Christian Huygens** (1629-1695) propuso, en el mismo tiempo de Newton, que la luz tenía un comportamiento ondulatorio, pues la propagación, reflexión y refracción son propiedades de las ondas; sin embargo, su idea fue desestimada hasta el año 1801, en que gracias al experimento del físico inglés **Thomas Young** (1773-1829) se pudo observar la difracción e interferencia, fenómenos propios de las ondas y que la teoría corpuscular no era capaz de explicar.

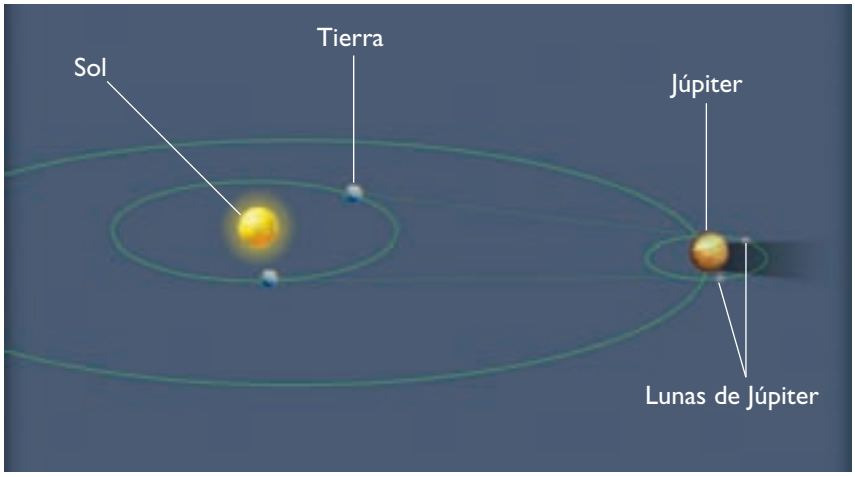
Una de las dificultades de observar la difracción es la pequeña longitud de onda de la luz. Por ejemplo, para una luz que el ojo humano distingue como roja, su longitud de onda es alrededor de los 700 nm, es decir $\lambda = 7 \times 10^{-7}\text{m}$, por lo cual hay pocas posibilidades de observar obstáculos de ese tamaño en la vida cotidiana. De acuerdo a esto, ¿qué respuesta se podría dar si te preguntaran por qué la luz no se difracta al pasar por una ventana?

El principio de Huygens, en el cual se basó para realizar su teoría ondulatoria de la luz, dice que todo punto de un frente de ondas puede considerarse como un nuevo emisor de fuentes de ondas. A partir de lo anterior se pueden explicar la reflexión, la refracción, la propagación y difracción, entre otros fenómenos ondulatorios.

1.3 Propagación de la luz

El primer intento que se conoce por medir la rapidez de la luz se atribuye a **Galileo Galilei** (1562-1642) quien ideó el siguiente experimento. Dos personas, en la cima de dos montes vecinos, se instalarían cada uno con una lámpara. Al descubrir uno de ellos la lámpara, la luz viajaría hasta su compañero, quien al percibir la luz debería encender a la vez la suya, hecho que constataría el primero. Conociendo la distancia que recorre la luz y el tiempo que la luz demora en ir y venir, se podría calcular la rapidez de la luz. Galileo realizó el experimento junto a un ayudante, pero descubrió que su compañero encendía la lámpara de manera casi instantánea, por lo cual concluyó solamente que poseía una "rapidez extraordinaria".

Más tarde, en el año 1675, el astrónomo danés **Ole Christensen Roemer** logró medir por primera vez la rapidez de la luz utilizando las lunas de Júpiter (ver dibujo). Roemer sabía cada cuánto tiempo se producían eclipses de aquellas lunas, y al observar el retraso de uno de ellos, por la posición de la Tierra en el espacio, pudo obtener un valor de alrededor de $2{,}3 \times 10^8$ m/s, menor al valor aceptado hoy en día, pero mayor que cualquier fenómeno de su época.



En el año 1849, el físico francés **Hippolyte Fizeau** ideó un experimento, que analizaremos en detalle en la página siguiente, para medir la rapidez de la luz. El valor que obtuvo Fizeau en su experimento fue de $3{,}1 \times 10^8$ m/s.

De acuerdo a las medidas actuales, con técnicas de luz láser, se ha determinado que la rapidez de la luz en el vacío es de $2{,}997924574 \times 10^8$ m/s, pero el valor aproximado que usaremos será de 3×10^8 m/s. Según las teorías actuales de la Física, la rapidez de la luz en el vacío es un límite natural en el universo, es decir, que ningún objeto puede viajar más rápido que la luz, además de ser una constante universal.

Conceptos clave

Constante universal: en Física se designa de esta manera a cantidades que medidas en cualquier parte resultarían igual. Por ejemplo, la carga del electrón, la constante de gravitación universal, etc.

Inter@ctividad

En la siguiente dirección: http://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz2.htm encontrarás más detalles sobre el experimento realizado por Galileo para intentar medir la velocidad de la luz.

Investigación científica

Experimento de Fizeau

Planteamiento del problema

Durante mucho tiempo se pensó que la luz se propagaba con una rapidez infinita. Para ejemplificar esta idea, imaginemos un haz de luz que sale del Sol y viaja hasta nosotros, pese a que la distancia entre el Sol y la Tierra es de aproximadamente 150 millones de kilómetros, el haz de luz llegaría de forma instantánea hasta nosotros.
Roemer determinó una primera aproximación de la rapidez con que se propagaba la luz, pero ¿sería dicho cálculo el valor exacto de la rapidez de la luz?

Hipótesis

La luz se propaga con una rapidez finita.

Procedimiento

El experimento que ideó Fizeau tenía como objetivo medir el tiempo que tardaba un pulso de luz en ir hasta un espejo plano y volver.

1. Para generar pulsos de luz, se hacía pasar un rayo luminoso entre los dientes de una rueda que giraba.
2. Como la rueda seguía girando, el pulso de luz al volver podía toparse con un diente y, en ese instante, dejaba de ser percibida por el ojo.
3. Sabiendo esto, la rapidez de giro de la rueda se regulaba de tal forma que el pulso de luz saliera por una ranura y al retornar se topara con el diente que estaba al lado.
4. Entonces, el tiempo que demoraba la luz en ir y volver del espejo era igual al tiempo que tomaba un diente en moverse a la posición siguiente.

Con este experimento, Fizeau obtuvo un valor para la rapidez de la luz de $3{,}1 \times 10^8$ m/s.

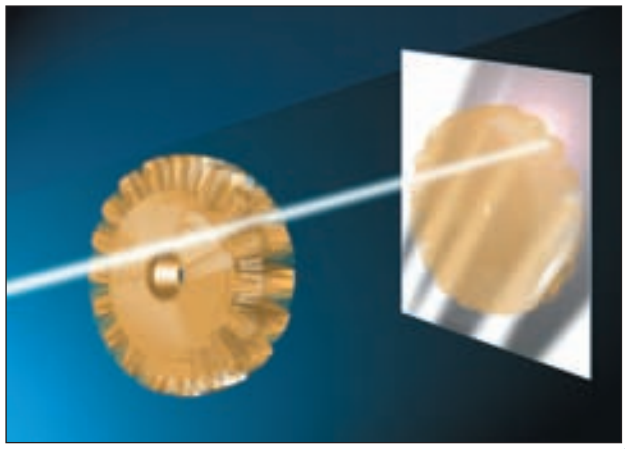
Análisis

a. ¿En qué ideas previas sobre la luz se basó Fizeau para diseñar su experimento?

b. ¿Por qué piensas que determinando el valor del tiempo que la luz tardaba en ir volver al espejo, Fizeau determinaría la rapidez de la luz?

c. ¿Qué podrías concluir tú con el resultado de este experimento?

d. Plantea si se comprobó la hipótesis y por qué.



1.4 Origen de la luz

Si en una noche despejada observas con atención las estrellas (sin considerar el efecto del titilar), podrás notar que tienen distintos colores; algunas son rojas, otras azules, otras blanquecinas. Si prestas atención a fuentes luminosas, como una vela, un farol de alumbrado público, o un madero quemándose, podrás observar de igual manera diferentes colores. Para poder explicarnos aquello, tendríamos que comprender cómo se origina la luz, fenómeno que recién se pudo explicar durante el siglo pasado.

El modelo atómico cuántico propone que los electrones se disponen en orbitales alrededor del núcleo atómico . Los electrones de esa manera poseen una energía característica, que aumenta si más alejados se encuentran del núcleo. Al pasar de una órbita a otra de menos energía hay una diferencia que se traduce en un fotón de luz, es decir, una cierta cantidad de energía convertida en luz.

Si el átomo recibe una cierta cantidad de energía, el electrón salta a una órbita superior; cuando la energía recibida por el átomo es mucha, el electrón puede escapar de su ligazón al núcleo. Si esa energía recibida es luz, se observará una absorción de luz por parte del átomo. Estas interacciones entre la materia y la energía son estudiadas por la mecánica cuántica, área de la Física desarrollada durante los primeros treinta años del siglo XX.

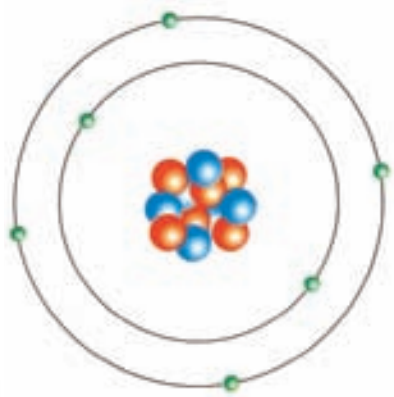
Como algunos saltos están permitidos y otros son menos probables, se origina luz con diferente energía y eso se manifiesta en luz de diferente color.

Conceptos clave

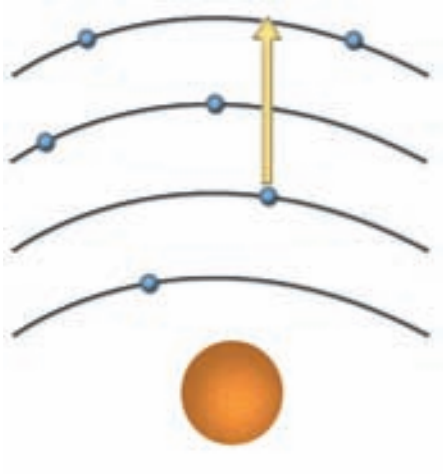
Electrón: partícula de carga eléctrica negativa que orbita alrededor del núcleo atómico.

Núcleo atómico: formado por protones de carga eléctrica positiva y neutrones sin carga. Constituye casi la totalidad de la masa del átomo.

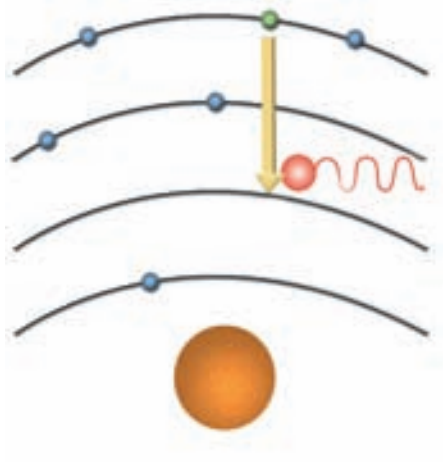
Fotón: es la unidad fundamental de la luz que se libera en los saltos que los electrones efectúan al interior de los átomos desde una órbita de mayor energía a otra de menor.



En el modelo atómico de Bohr, los electrones orbitan alrededor del núcleo en distintos niveles de energía. Casi toda la masa del átomo se concentra en el núcleo.



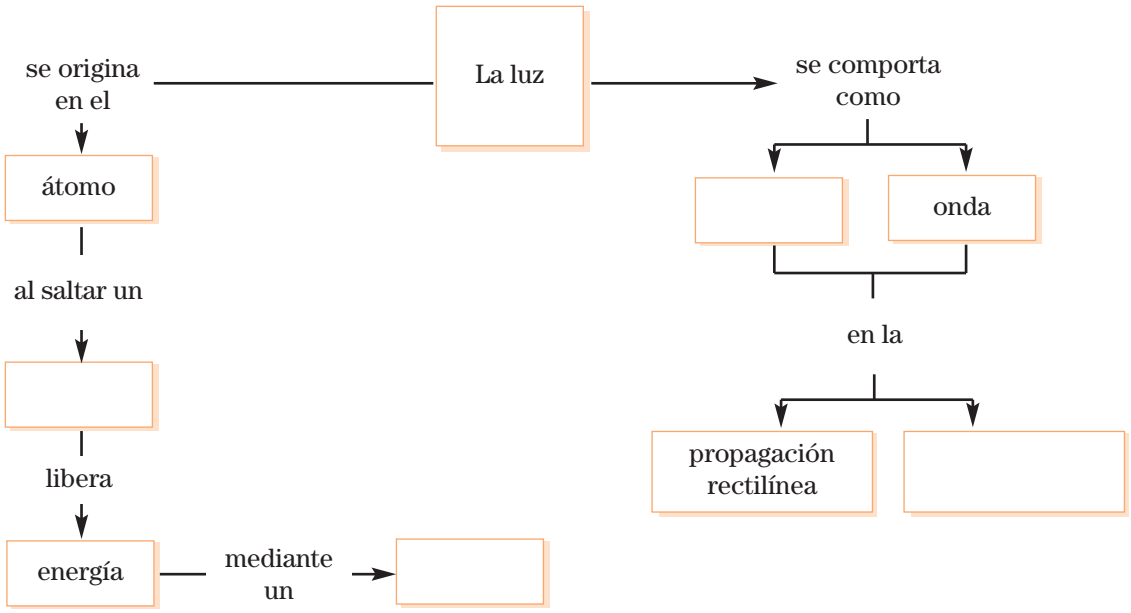
Si el átomo absorbe energía, el electrón salta a niveles superiores de energía, alejándose del núcleo.



Cuando el electrón salta de un nivel a otro, acercándose al núcleo, la diferencia de energía se emite en forma de fotón.

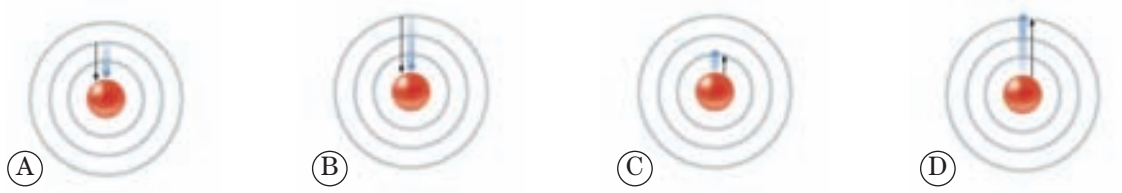
SÍNTESIS

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Realiza una lista con los fenómenos que evidencian un comportamiento de partícula para la luz.
2. Repite lo anterior, pero para un comportamiento ondulatorio de la luz.
3. ¿Por qué es difícil observar el fenómeno de la difracción?
4. ¿Cuál fue el primer intento de medir la rapidez de la luz? Explica el experimento.
5. En cada uno de los átomos representados a continuación, ocurren saltos de electrones.
   a. ¿En cuáles de ellos se emitirá un fotón?
   b. ¿En cuáles tendrá más energía el fotón emitido?



ASÍ APRENDO MEJOR

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Qué tema te resultó más fácil aprender?, ¿a qué crees que se debe esto?

b. ¿Qué hiciste para aprender los temas que te resultaron más difíciles?

Indagación inicial: El comportamiento de la luz

¿Por qué en ciertas superficies podemos ver reflejada nuestra imagen?

Formen grupos de cuatro o cinco compañeros y/o compañeras y elaboren un listado de todas aquellas superficies que consideren que son capaces de reflejar su imagen. Luego, propongan una hipótesis para la pregunta planteada.

Materiales

Una cartulina negra, una cartulina blanca, un trozo de papel metálico (aluminio), cinta adhesiva, tijeras.

Procedimiento

1. Recorten cuadrados de 20 cm de lado, de cartulina y papel metálico. Fíjenlos en la muralla utilizando la cinta adhesiva.
2. Utilizando la luz ambiente, acérquense a cada una de las superficies y observen si son capaces de reflejar su imagen. Consideren la muralla como una superficie más.
3. Luego, con la linterna apunten hacia las superficies y observen cómo se refleja la luz. Comenten y anoten sus observaciones.
4. Repitan la experiencia pegando los papeles detrás del vidrio o la ventana, bajo la supervisión del profesor o profesora.
5. Finalmente, arruguen el papel metálico, póngalo nuevamente en el muro y observen qué ocurre con la reflexión de la luz.

Con relación a lo observado en la experiencia, respondan las siguientes preguntas y realicen las actividades propuestas.

a. ¿Cuál fue la mejor superficie reflectora y cuál la peor? Expliquen qué criterio utilizaron para determinarlo.
b. Elaboren una lista considerando todos los factores que consideren relevantes, para que una superficie sea buena reflectora de la luz.
c. ¿Qué creen que ocurre con la luz que no se refleja?
d. ¿Qué diferencia ocurre al situar las cartulinas y el papel metálico detrás del vidrio?, ¿a qué cualidad del vidrio creen que se deba esa diferencia?
e. Realicen una tabla donde ordenen las superficies de la peor a la mejor reflectora de la luz, y comparen sus resultados con los obtenidos por sus compañeros.
f. ¿Pudieron verificar su hipótesis? Expliquen.

Conceptos clave

Rayo incidente: es el rayo que llega a una determinada superficie desde una fuente luminosa.

Rayo reflejado: es el rayo que se refleja desde una determinada superficie (puede ser pulida o rugosa).

2. Reflexión de la luz

En la actividad inicial pudiste observar que no todas las superficies reflejan la luz de la misma manera, y basta con mirar los objetos que nos rodean para darnos cuenta de aquello; no todos son del mismo color, aunque sean alumbrados con una fuente de luz blanca como el Sol. ¿Qué característica de las superficies tendrán que ver con aquello? En esta sección estudiaremos la reflexión de la luz solamente en cuanto a la cantidad de luz reflejada, diferenciando superficies pulidas de superficies rugosas.

a. Reflexión especular

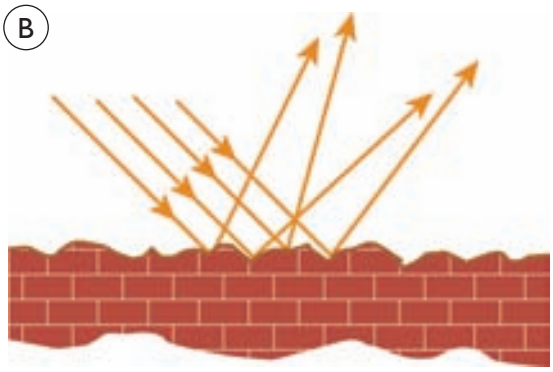
Al pasar los dedos sobre la superficie de un espejo notarás que casi no se presentan rugosidades, entonces se habla de una superficie pulida. Cuando un haz de rayos paralelos incide en una superficie de ese tipo (que en este caso, además es plana), los rayos que se reflejan también son paralelos (ver figura A). Ese tipo de reflexión se llama especular, y el ejemplo más común es la formación de imágenes en un espejo plano.

b. Reflexión difusa

Cuando la superficie es rugosa, como una lija de madera, la tierra o un muro, los rayos que inciden paralelos entre sí, se reflejan en diferentes direcciones una vez que llegan a la superficie. A ese tipo de reflexión se le denomina difusa (ver figura B). En este tipo de reflexión no se consigue generar imágenes, sin embargo, nos permite ver los cuerpos opacos desde cualquier ángulo.

A

B



¿Qué sucedería si…?

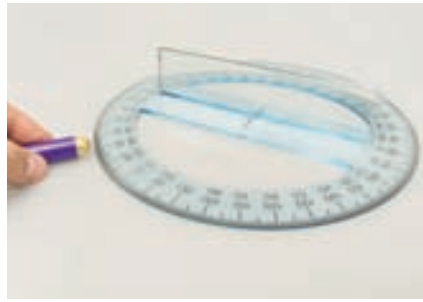
Todos los objetos que nos rodean los podemos ver gracias a que reflejan luz hacia nuestros ojos. Si estuviéramos en el espacio, sin objetos alrededor, ¿sería posible ver un rayo de luz que pasa frente a nuestros ojos?, ¿qué ocurriría si los rayos de todos los objetos que nos rodean pasaran frente a nuestros ojos?, ¿cómo se vería el mundo?

Investigación científica

Ley de reflexión

Antecedentes

Sabemos que la luz se refleja en superficies pulidas. En esta actividad utilizaremos aquella propiedad para investigar qué relación geométrica tienen los rayos que inciden en una superficie con los rayos reflejados.



Hipótesis

En esta actividad trataremos de poner a prueba la siguiente hipótesis: "Los rayos que inciden en cualquier ángulo sobre una superficie son reflejados en un ángulo distinto".

Procedimiento

Reúnanse en grupos de cuatro estudiantes y junten los siguientes materiales: un pequeño trozo de espejo (basta con un rectángulo de 3 x 1 cm, un transportador para medir ángulos, cinta adhesiva, un puntero láser, papel milimetrado y una regla).

1. Pongan el transportador en el centro de una hoja blanca (tamaño carta), o una cartulina.
2. Ubiquen el espejo de manera perpendicular a la hoja (ver figura).
3. Tracen una línea perpendicular al espejo, que parta desde el centro del transportador (a esa línea la llamaremos normal).
4. Oscurezcan la sala cerrando las cortinas (si es que tuviera ventana), o dejando el mínimo de ampolletas encendidas.
5. Apunten la luz láser hacia el centro del transportador, de manera que viaje rasante a la hoja.
6. Repitan el punto anterior, de manera que el rayo de luz forme un ángulo de 80 grados con la línea normal. Anoten el valor del ángulo reflejado con respecto a la misma línea.
7. Repitan lo anterior para 75, 70, 65 grados, sucesivamente, hasta llegar a 10 grados.

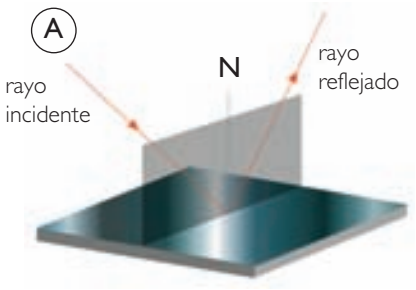
Análisis

a. Con los datos recopilados en esta experiencia, realicen una tabla donde se ordenen los ángulos de la luz incidente y reflejados.

b. Grafiquen los datos de la tabla en el papel milimetrado, de manera que en cada uno de los ejes aparezcan las variables estudiadas.

c. ¿Qué relación se puede establecer entre las variables, es decir, entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión?

d. ¿Se comprobó la hipótesis de trabajo? Expliquen.



2.1 Ley de la reflexión

Hasta el momento hemos visto que la reflexión se produce cuando los rayos luminosos que se propagan por un medio, chocan con un medio de diferente densidad y retornan al inicial. La reflexión tiene dos importantes propiedades:

a. El rayo incidente, el reflejado y la recta normal (N) son coplanares, es decir, se encuentran ubicados en el mismo plano.
b. El ángulo de incidencia de un rayo luminoso es igual al ángulo de reflexión, respecto a la recta normal.

Esta última propiedad fue la que dedujiste experimentalmente de la actividad anterior. Ambas propiedades se ilustran en el dibujo A y forman parte de la rama de la Física llamada óptica geométrica, la cual estudia la luz bajo los principios de la geometría plana y asociando a la luz la idea de rayo.

2.2 Principio de Fermat

A partir de este principio postulado por el matemático francés **Pierre de Fermat** (1601-1665) y que fue enunciado en el siglo XVII, es posible deducir la ley de la reflexión. Este principio dice que: "El trayecto seguido por la luz al propagarse de un punto a otro es tal, que el tiempo empleado en recorrerlo es mínimo". Para realizar una analogía con la reflexión de la luz se puede realizar el siguiente experimento.

Observar-asociar

Actividad 2

Principio de Fermat

Consigue un par de clavos, un trozo de madera, un lápiz y un objeto de masa suficiente para que pueda mantener estirado el hilo (ver dibujo).

1. Arma un sistema como el que muestra la figura. Si se tratase de una reflexión luminosa, el lápiz representaría el punto donde se produce la reflexión, mientras que el rayo luminoso correspondería al hilo tenso entre los clavos.
2. Mueve el lápiz y observa lo que ocurre con el cuerpo que está colgando, ¿dónde debe estar vinculado el lápiz para que la longitud del hilo entre los clavos sea menor?
3. ¿Qué relación tiene aquello con el principio de Fermat?

Ten presente que:

- En ciencias, y especialmente en Física, ley y principio no son lo mismo: un principio se postula de forma axiomática (axioma: verdad evidente que no necesita ser demostrada) y una ley se deduce de una serie de principios o de forma experimental.

3. Espejos

Observar-describir

Actividad 3

Observando imágenes

En esta actividad necesitarás un pequeño espejo. Ponlo en frente de un objeto pequeño como una goma de borrar o un lápiz, observa con atención y responde:

a. ¿A qué distancia del objeto que pones frente del espejo ves reflejada su imagen?

b. ¿De qué tamaño se ve la imagen que se refleja?

3.1 Espejos planos

Un espejo consiste en una superficie ideal perfectamente pulida, en la cual se produce una reflexión especular, pero los espejos que se usan comúnmente en las casas consisten en un vidrio pintado por atrás con una sustancia llamada nitrato de plata. En esta sección estudiaremos algunas propiedades de las formaciones de imágenes.

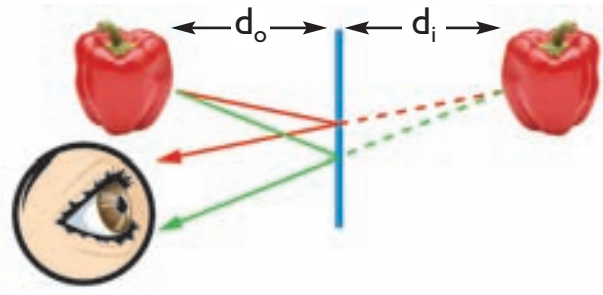
Formación de imágenes

Como observaste en la actividad 3, cuando ves tu imagen o la imagen de un objeto en un espejo plano, lo que ocurre es que los infinitos rayos provenientes del objeto al llegar al espejo son reflejados en ángulos iguales a sus ángulos de incidencia. Los rayos que divergen del objeto al reflejarse, divergen del espejo. Estos rayos divergentes parecen emanar de un punto detrás del espejo. Un observador que ve su propia imagen o la de un objeto reflejada, tiende a pensar que los rayos provienen de dicho punto, por lo que la imagen se dice **virtual,** pero en la realidad los rayos provienen de la superficie del espejo.

Una **imagen real,** en cambio, se forma cuando los rayos de luz son convergentes. Esta imagen no la podemos percibir directamente con nuestro sentido de la vista, pero puede registrarse colocando una pantalla en el lugar donde convergen los rayos.

Conexión con... arqueología

Desde la antigüedad se han utilizado los espejos como objetos de tocador. En las civilizaciones etrusca, griega, egipcia y romana, generalmente se elaboraban con metales bruñidos como el bronce, cobre o plata, el cual se pulía hasta obtener el reflejo deseado. Ese proceso se conoce como plateo. Muchos de estos espejos eran decorados con elementos mitológicos y aún se conservan en museos de arqueología.



Si tomamos un punto del pimentón y desde ahí proyectamos dos rayos luminosos hacia el espejo, vemos que cada rayo reflejado lo hace con un ángulo distinto.

Vemos que la imagen virtual tiene la misma orientación vertical que el objeto real, por lo que se dice que está **derecha**. Sin embargo, se produce una reflexión directa: es por eso que al poner un texto frente a un espejo las palabras se ven al revés. Además, la imagen virtual se ve del **mismo tamaño** que el objeto real.

A los ojos del observador, los rayos reflejados parecieran venir desde un punto detrás del espejo. La distancia del objeto al espejo (d_0) es igual a la distancia entre el espejo y la imagen (d_i).

Observar-describir

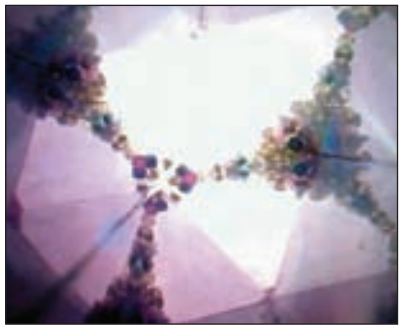
Actividad 4

Reflexiones en un espejo plano

Formen grupos de dos o tres integrantes y reúnan los siguientes materiales: un espejo (es suficiente con uno de 20 x 20 cm), un trozo de cartón, tijeras.

Procedimiento

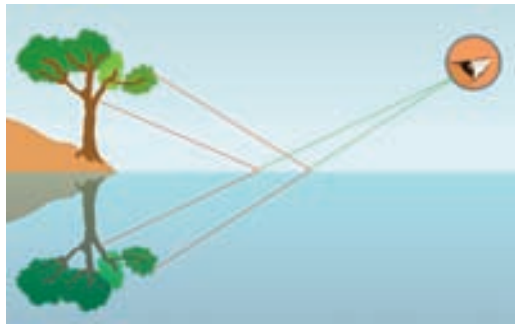
1. Fijen el espejo al muro y escojan a un miembro del grupo para que se ubique frente a él.
2. Pídanle que levante su mano derecha y observen la imagen virtual. Para "la persona del espejo", ¿también es su mano derecha? Expliquen. Coloquen un libro frente al espejo, ¿qué sucede con las letras?
3. Recorten en el cartón un objeto con forma de flecha (⇑) de 20 cm de alto y ubíquenlo apegado al espejo. ¿Qué tamaño tiene en ese momento la imagen virtual?, ¿qué sucede con la imagen si van alejando el objeto?
4. Pongan el espejo acostado sobre una mesa, de manera que su parte reflectora quede hacia arriba. Pongan sobre el espejo el objeto de cartón en forma perpendicular al espejo, ¿cómo es la imagen virtual, en este caso?



Un caleidoscopio es un juguete óptico basado en la reflexión de la luz. En él, un objeto de color se refleja en un espejo, luego ese reflejo se convierte en objeto para un segundo y tercer espejo, produciéndose figuras simétricas.

¿Qué sucedería si...?

En un cómic de ciencia ficción, una nave viaja a otro universo con otras leyes físicas. Un tripulante de la nave llega a la orilla de un lago de mercurio y al ver su imagen reflejada en lago se da cuenta que puede leer a la perfección el nombre impreso en su uniforme. ¿Cómo se comportan los rayos en ese planeta? Haz un esquema de los rayos.



Cada vez que vemos el reflejo en una laguna, o en un piso muy pulido, podemos observar que los objetos aparecen invertidos, así como cada vez que nos miramos al espejo podemos apreciar que la imagen está invertida horizontalmente, producto de la reflexión directa.

Se puede explicar perfectamente la inversión a través de la óptica geométrica (según la cual la luz se comporta como rayo) y de la ley de reflexión. ¿Cómo se puede usar esta idea para explicar la inversión especular? Si se quisiera explicar el fenómeno considerando la luz como ondas, estas debieran dibujarse planas y perpendiculares a los rayos. ¿Cómo quedaría ilustrada en ese caso la situación?

En cuanto a los tamaños, en una reflexión, el del objeto se denomina altura objeto (h_0), mientras que el de la imagen se conoce como **altura imagen** (h_i). El llamado factor de magnificación (M) de la imagen con respecto al objeto está dado por la relación:

$$M = \frac{h_i}{h_o}$$

Este es un número sin unidades físicas (adimensional). En el caso del espejo plano, $M=1$.

3.2 Espejos curvos

Hemos estudiado la formación de imágenes en espejos planos, pero ¿cómo serían las imágenes si los espejos fueran curvos? Es muy fácil ponerlo a prueba en una actividad como la siguiente.

Observar-inferir

Actividad 5

Imagen en un espejo curvo

Reúnete con un compañero o compañera y consigan una cuchara metálica y lo más brillante posible.

1. Pónganla delante de uno de ustedes de manera que refleje su rostro.
2. Describan lo que observan al mirar por la parte cóncava (con la curvatura hacia el interior).
3. Describan también lo que se observa por la parte convexa (con la curvatura hacia fuera).
4. ¿Qué creen que sucede con la luz cuando es reflejada en ambas situaciones?

Observar-describir

Actividad 6

Espejo de sección circular

Junto a una compañera y/o compañero, reúnan un tarro de café o de conservas, una tijera de cortar latón y una linterna pequeña.

1. Con mucho cuidado saquen el fondo del tarro y su tapa. Luego, corten longitudinalmente el tarro en dos partes y pongan una de ellas sobre el papel. Para realizar el experimento, oscurezcan lo más posible la sala donde van a trabajar.
2. Dirijan la luz de la linterna hacia la parte cóncava, ¿qué ocurre con la luz una vez que es reflejada?, ¿hay algún punto que merezca especial atención?, ¿qué ocurre si mueven la fuente luminosa?
3. Dirijan la luz hacia la parte convexa del tarro y repitan el procedimiento anterior, ¿qué sucede?
4. En ambos casos, realicen un esquema en donde dibujen cómo creen que se comportan los rayos luminosos.

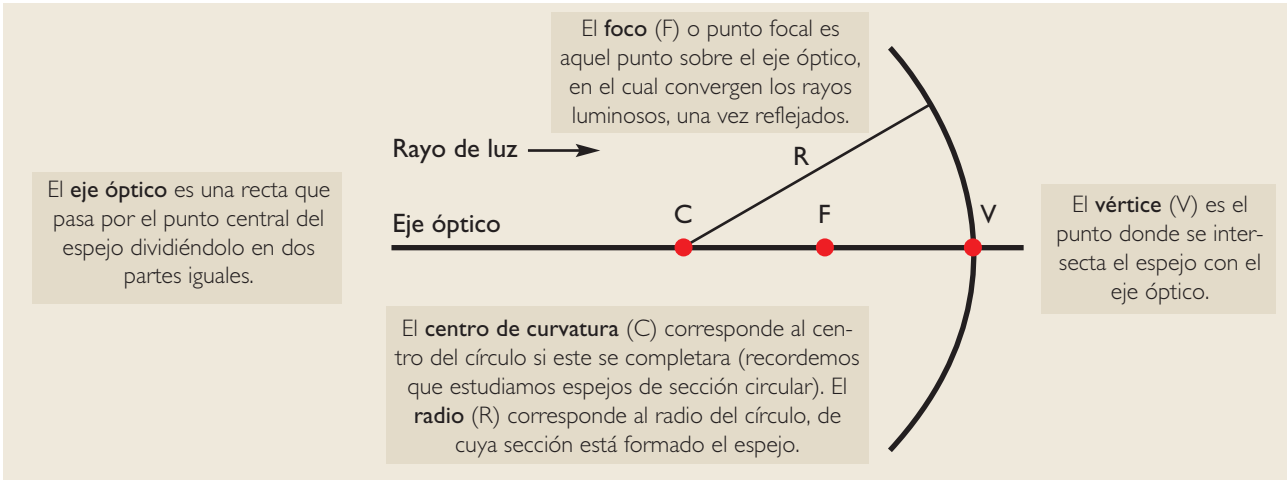
Como ya observaste en las actividades anteriores, los espejos curvos no se comportan de la misma manera que los espejos planos, aunque la ley de la reflexión se cumple de la misma manera. En los espejos curvos la recta normal es perpendicular a la tangente que pasa por cada punto de la curvatura. Cuando la superficie del espejo es la sección de una esfera, se habla de **espejos esféricos,** que serán los que estudiaremos; en el caso de la sección del tarro se trata de una sección circular.

Conceptos clave

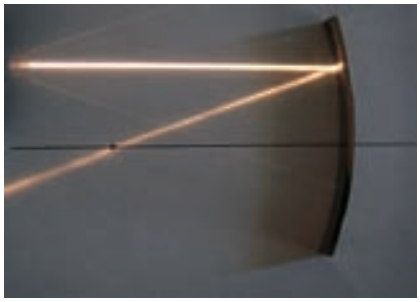
Tangente: es una recta que toca solo en un punto a una curva.

a. Espejos cóncavos o convergentes

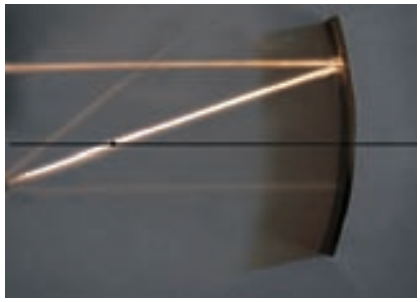
En el caso de los espejos cóncavos, estos tienen ciertas propiedades, como bien puedes haber observado en la Actividad 6. La más importante es que en ciertas condiciones ellos pueden concentrar toda la luz en un solo punto denominado **foco** (F) o punto focal, por ese motivo se les conoce como **espejos convergentes**, pues hacen que la luz converja en el foco. Para poder comprender cómo se forman las imágenes, se hace necesario definir algunos elementos para este tipo de espejos. En el siguiente esquema se representa una visión "desde arriba" de un espejo de sección circular, como el utilizado en la Actividad 6.


El **foco** (F) o punto focal es aquel punto sobre el eje óptico, en el cual convergen los rayos luminosos, una vez reflejados.
Rayo de luz
R
El **eje óptico** es una recta que pasa por el punto central del espejo dividiéndolo en dos partes iguales.
Eje óptico
C
F
V
El **vértice** (V) es el punto donde se intersecta el espejo con el eje óptico.
El **centro de curvatura** (C) corresponde al centro del círculo si este se completara (recordemos que estudiamos espejos de sección circular). El **radio** (R) corresponde al radio del círculo, de cuya sección está formado el espejo.

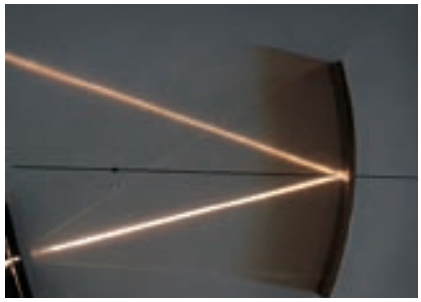
- **Ley de reflexión para un espejo de sección circular**
  Para poder saber cómo serán las imágenes que producen los espejos convexos o cóncavos, existen tres reglas ópticas, consistentes en tres rayos básicos que se ilustran a continuación.



Un rayo que llega al espejo en forma paralela al eje óptico, se refleja en dirección al punto focal.



Un rayo dirigido al foco se refleja paralelo al eje óptico.



Un rayo dirigido al vértice del espejo se reflejará con el mismo ángulo respecto del eje óptico.

Si se quiere dibujar una imagen a partir de estos rayos, basta con dos de ellos, y es recomendable dibujar los rayos desde "la cabeza" del objeto luminoso.

b. Espejos convexos o divergentes

Describir-comparar

Actividad 7

Espejo convexo

En esta experiencia vas a utilizar los mismos materiales de la Actividad 6 (página 67), a excepción de la pequeña linterna, que será remplazada por un puntero láser. Necesitarás también un compás y una regla.

1. Ubica la sección circular del tarro sobre el centro de la hoja. Fija el espejo con cinta adhesiva y dibuja el eje óptico. Con la ayuda de un compás, completa el círculo en la hoja y dibuja el centro de curvatura.
2. Apunta la luz láser al lado convexo, de forma que el rayo viaje paralelo al eje óptico. Dibuja al menos tres rayos a cada lado el eje, ¿qué es lo que sucede con ellos?
3. Dibuja la prolongación de los rayos hacia la parte de atrás del espejo, ¿se juntan en alguna parte?, ¿hay similitudes con el caso del espejo cóncavo?

Los **espejos convexos** tienen múltiples usos en la vida cotidiana; por ejemplo, los espejos retrovisores de los vehículos son convexos, o los que se ubican a la salida de los estacionamientos. Se utilizan pues permiten tener un mayor campo visual, aunque las imágenes tienen una proporción y distancia diferente a como son realmente.

Como habrás notado a partir de la Actividad 7, en este tipo de espejos los rayos no convergen en un punto focal, sino que se alejan unos de otros, motivo por el cual también son llamados **espejos divergentes**, pero si prolongamos los rayos reflejados por el espejo, notaremos que aquellos se juntan detrás de él, motivo por el cual se dice que tiene un **foco virtual**. Aquello es válido para todos los espejos convexos.

¡! Reflexionemos

Probablemente has notado que en los espejos retrovisores de los automóviles aparece la siguiente frase: "Cuidado, los objetos están más cerca de lo que aparentan". Lo anterior se debe a que la imagen que se produce en un espejo de ese tipo están distorsionadas, es decir, se usan espejos curvos para aumentar el campo visual, pero, por contraparte, se distorsiona también la distancia. Reúnete con un compañero y/o compañera y reflexionen sobre este y otros factores ópticos que permiten conducir de manera más segura. Realicen una lista con las medidas de precaución que se deben tomar al conducir.

Ejemplo resuelto 1

Formación de imágenes en espejos

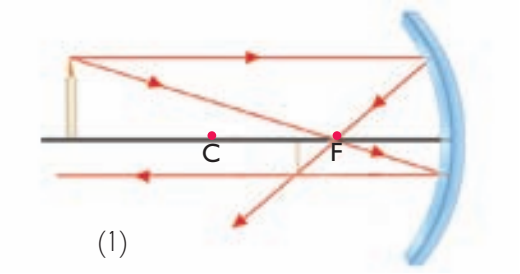
1. Una vela se ubica frente a un espejo cóncavo (esquema 1), entre el centro de curvatura (C) y el infinito (de esa manera se designa en Física a un punto muy alejado. ¿Dónde se forma la imagen y qué características tiene?

   Lo primero que debemos hacer es dibujar un esquema de la situación, luego, desde la parte superior del objeto (la vela en este caso), trazamos el primer rayo que viaja paralelo al eje óptico y se refleja pasando por el foco.

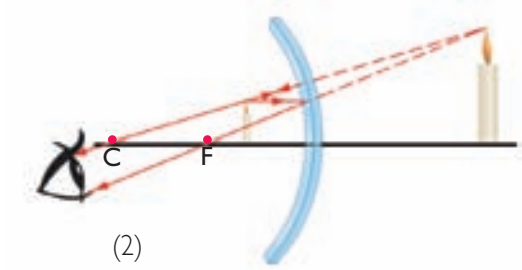
   El segundo rayo lo hacemos pasar por el foco y se refleja paralelo al eje óptico. El punto donde se cortan los dos rayos es la parte superior de la imagen. En este caso, se forma entre el foco y el centro de curvatura aparece invertida y de menor tamaño que el objeto. Como los rayos se cortan se habla de una **imagen real**.

2. La misma vela se ubica entre el foco y el espejo (esquema 2), ¿dónde se forma la nueva imagen?

   Primero, desde la parte superior del objeto, trazamos un rayo paralelo al eje óptico, este se refleja en el espejo y pasa por el foco. El segundo rayo lo trazamos de la parte superior del objeto hacia el espejo, el cual se refleja y pasa por el centro de curvatura (C). Al proyectar los dos rayos detrás del espejo, estos se intersectan; desde el punto de la intersección se forma una imagen virtual, de mayor tamaño y en posición derecha.



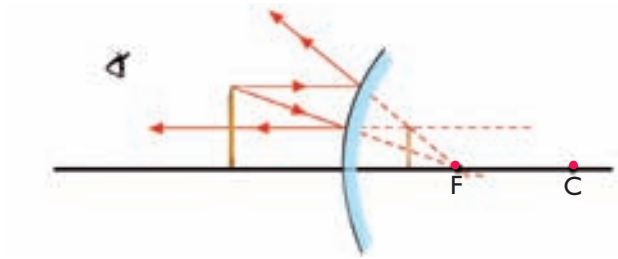
(1)



(2)

3. Un lápiz se ubica frente a un espejo convexo a la misma distancia que en el caso 1, ¿dónde se forma la imagen y qué características tiene?

   En este caso, el centro de curvatura (C) y el foco (F) se encuentran detrás del espejo. Una vez dibujada la situación se procede a trazar los rayos.

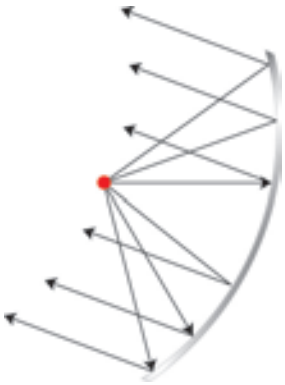


   El primer rayo va paralelo al eje y se refleja de manera que su prolongación pasa por el foco del espejo. El segundo rayo se dibuja de tal forma que su prolongación pase por el foco, por lo que se refleja paralelo al eje óptico. De lo anterior se puede observar que las prolongaciones de los rayos se juntan detrás del espejo, por ese motivo se dice que la imagen es virtual. Además, es más pequeña que el objeto y aparece derecha.

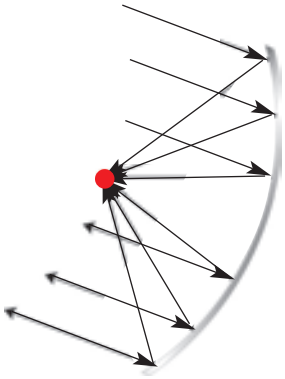
3.3 Aplicaciones de los espejos curvos

Hemos visto algunas utilidades de los espejos, como su capacidad para ampliar el campo visual en el caso de los convexos. Es importante hacer notar que las aplicaciones que se puedan hacer a partir de un principio físico, tienen estrecha vinculación con sus cualidades, por ejemplo: ¿qué utilidades consideras que tiene la capacidad de un espejo cóncavo de concentrar la luz en un punto?

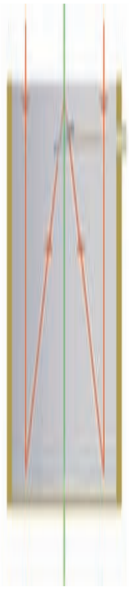
Estufas. Una aplicación bastante común se da en **sistemas de calefacción**, por ejemplo, en algunas estufas donde la fuente de calor se ubica en el foco de un espejo curvo construido con material reflectante, con aquello se logra una máxima eficiencia en la distribución del calor. En el siguiente esquema se aprecia con mayor claridad.



Horno solar. Si la fuente luminosa está muy lejana, se cumple que los rayos vienen paralelos entre sí. Esto ocurre con el Sol, por ejemplo, que se encuentra a 150 millones de kilómetros de la Tierra. En este caso, el Sol emite radiación electromagnética en varias longitudes de ondas, de las cuales el ojo ve una pequeña parte (luz) pero las otras siguen entregando su energía al interactuar con la materia (como el calor). Esto sugiere que se puede elevar la temperatura de un objeto ubicado en el foco del espejo. En aquello se basan los hornos solares, muy útiles al momento de ahorrar combustible fósil, que es contaminante para la atmósfera.

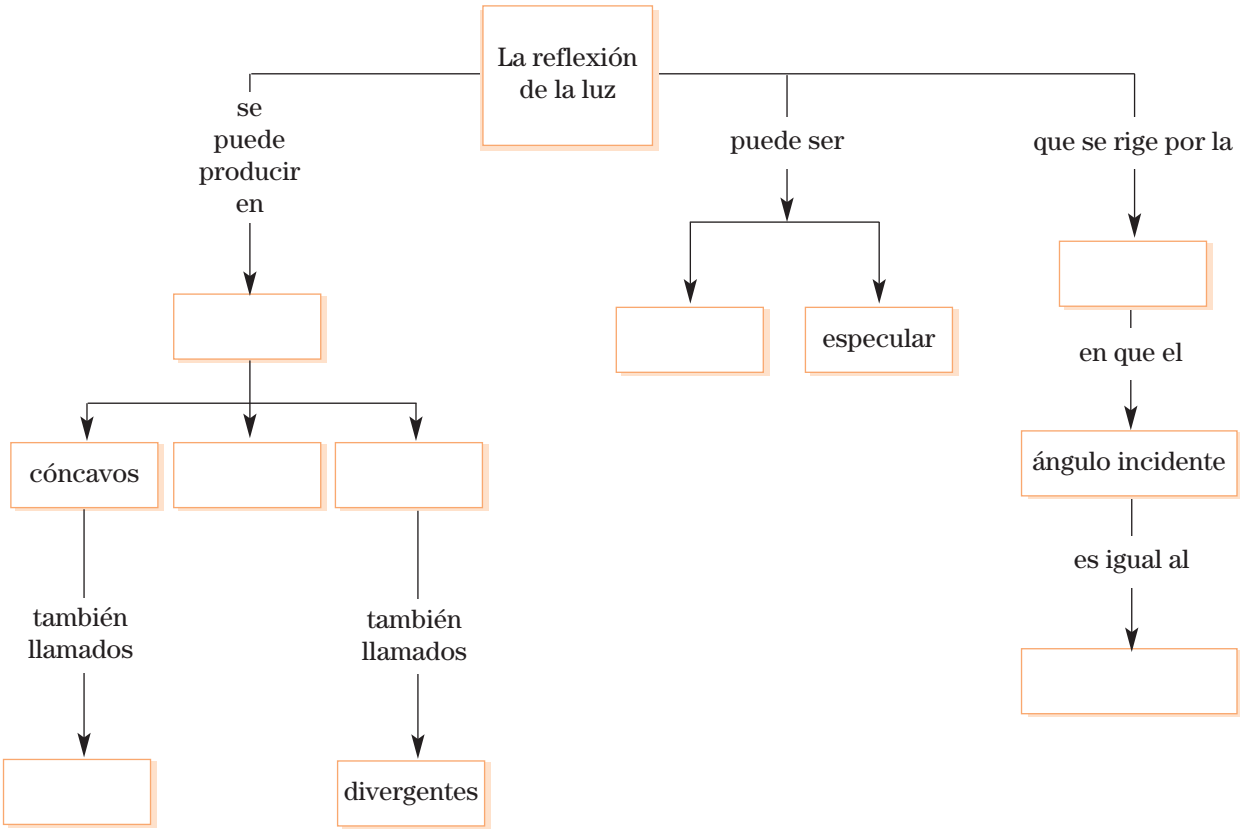


Telescopio. En Astronomía, es muy útil también la posibilidad de reunir mucha luz en un mismo punto, puesto que de las estrellas, mucho más lejanas que el Sol, nos llega una luz muy débil. El tipo de telescopio más utilizado se construye a partir de espejos convergentes, algunos de los cuales tienen más de 10 m de diámetro, los que se utilizan para reunir una gran cantidad de luz que se dirige a un solo punto donde se analiza. Estos telescopios se conocen como reflectores o newtonianos, en honor a Isaac Newton.



SÍNTESIS

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. ¿Cuántos "rayos básicos" son suficientes para construir una imagen en un espejo curvo? Explica cómo se trazan.
2. Pablo está mirando su cara en un espejo "con aumento". Lentamente, comienza a alejar el espejo de su cara y, en un punto determinado, observa que su imagen desaparece. Si continúa alejando el espejo desde ese punto, la imagen vuelve a aparecer, pero invertida verticalmente. ¿Cómo se llama ese punto?
3. Sobre el eje óptico de un espejo cóncavo, se sitúa una vela entre el punto focal y el espejo. Realiza un esquema de la situación y determina en qué posición se forma la imagen y qué cualidades tiene.

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Qué tema te resultó más fácil aprender?, ¿a qué crees que se debe esto?

b. ¿Qué hiciste para aprender los temas que te resultaron más difíciles?

Indagación: Propagación de la luz

¿Qué ocurre con la luz al cambiar de medio?

Formen un grupo de tres integrantes y discutan en torno a la pregunta planteada. Recuerden que un medio material hace referencia a una determinada sustancia por la cual se propaga una onda y, además, que la luz también se puede propagar por el vacío. Un cambio de medio podría ser del agua al aire, del agua al vacío, de un vidrio al aire, etc. Observen lo que ocurre al introducir un lápiz en un vaso con agua, ¿qué se observa? Elaboren una hipótesis sobre lo que creen que ocurre con la luz, cuando pasa de un medio a otro.

Procedimiento

Necesitarán los siguientes materiales: una moneda y dos tazas.

1. Coloquen la moneda al fondo de una de las tazas.
2. Un integrante del grupo debe ubicar de tal manera su campo visual, que haga coincidir el borde más cercano de la taza con el borde de la moneda, hasta que ella se pierda de vista.
3. Mientras conserva esa posición, la otra persona, debe agregar agua a la taza hasta completar un cuarto de esta, cuidando que no se mueva la moneda.
4. Luego, vuelvan a buscar la posición en que la moneda desaparece y agreguen más agua.
5. Intercambien roles y vuelvan a repetir el experimento.

Comparen lo observado por cada uno(a) y escriban un informe guiándose por las siguientes preguntas y actividades:

a. ¿Qué ocurre con la visibilidad de la moneda al agregar agua a la taza?
b. Si no se mueve el observador, ni la moneda, ni la taza, ¿qué es lo que se modifica?
c. Dibujen un diagrama de la situación, utilizando rayos. Identifiquen el camino que sigue la luz hasta el observador en los tres casos: con la taza vacía, con un cuarto de agua y con agua hasta la mitad.
d. ¿Se verificó la hipótesis? Expliquen.

4. Refracción de la luz

¿Qué sucedería si…?

Sabemos que la luz puede cambiar de medio de propagación, pero ¿crees que sería posible "detener" un rayo de luz?, es decir, concebir la luz sin movimiento. ¿Se podrían ver los objetos del mundo que te rodean si la luz, cada vez que llega de un medio a otro, se detuviera?

El fenómeno que estudiaremos a continuación es fácilmente observable en la vida cotidiana: ocurre cada vez que miramos a través de un vidrio, cuando observamos al interior de una pecera, o cada vez que miramos una puesta de sol: se trata de la refracción. Esto ocurre cada vez que la luz cambia de medio de propagación y consiste básicamente en el **cambio de dirección** que sufren los rayos al cruzar la frontera entre los dos medios (excepto si el rayo incide perpendicular a la superficie), debido al **cambio de velocidad**, tal como fue estudiado en la unidad de ondas sonoras.

En la actividad inicial pudiste observar cómo los rayos que formaban la imagen del lápiz se desviaron. Para poder calcular el cambio de velocidad que sufre la luz, existe lo que se llama índice de refracción (n) del medio, este es adimensional (sin unidad de medida) ya que representa un cociente entre rapideces, y se calcula de la siguiente manera:

$$n = \frac{c}{v_m}$$

Donde n es el índice de refracción, c es la velocidad de la luz en el vacío, y (v_m) es la velocidad de la luz en el medio por el cual se propaga.

Inferir-analizar

Actividad 8

Índice de refracción de algunos medios

La tabla 1 muestra el índice de refracción para distintos medios, obsérvala con atención y responde las preguntas que se proponen a continuación.

(Considerando la relación que permite calcular el índice de refracción)

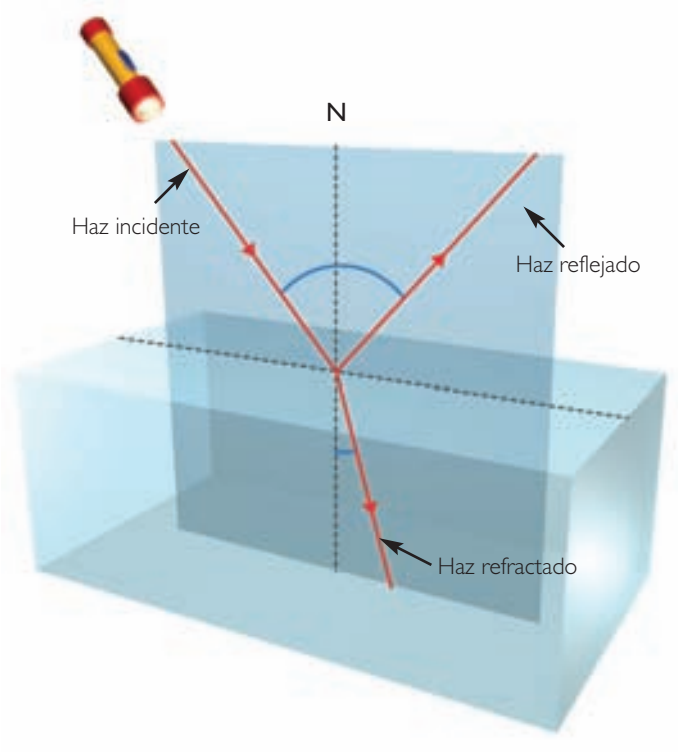
a. ¿Qué ocurre con la rapidez de la luz a medida que aumenta el valor del n?
b. ¿En cuál de los medios de la tabla la luz viajará más lento?
c. ¿Entre qué medios la luz experimentaría un mayor cambio en su dirección?

Tabla 1

Medio	Índice (n)
Vacío	1
Aire	1,00029
Alcohol etílico	1,36
Cuarzo fundido	1,46
Vidrio típico	1,52
Diamante	2,42

La tabla considera el índice de refracción para una longitud de onda de 589 nm (luz amarilla de sodio).
Fuente: Archivo editorial

Si te ubicas a la orilla de un río y observas las piedras del fondo, podrías inferir que debido a la refracción que sufre la luz, ellas no están en la posición que aparentan. Lo mismo podría afirmar un pescador que observa un pez en las aguas cristalinas de una laguna. Pero ¿podemos determinar la posición exacta de un cuerpo considerando el efecto de la refracción de la luz?, ¿hacia adonde habría que apuntar si se quiere capturar el pez o tomar una piedra de debajo del agua? En el siguiente esquema se grafica un rayo que incide desde el aire al agua y la forma en que se produce la desviación.



Es de gran ayuda identificar la recta normal al plano (N) como una línea perpendicular al punto donde llega el rayo de luz (ver figura). Una parte del rayo se refleja según la ley de los ángulos iguales (ley de reflexión), por lo tanto el rayo que ingresa al agua será menos intenso que el que proviene de la fuente. Como el agua tiene un índice de refracción mayor que el aire, el ángulo del rayo refractado será menor que el del rayo incidente, acercándose a la recta normal.

¿Qué ocurriría en el caso contrario?, es decir, si el rayo de luz proviniera del agua y saliera al aire, tal como ocurre con las piedras del río o con la imagen del pez. Hay un principio de la óptica geométrica conocido como **reversibilidad del camino óptico**, y tiene que ver con la trayectoria de la luz. Se podría aplicar de la siguiente manera a nuestro ejemplo: si la luz viaja desde un punto A en el aire, hasta un punto B, en el interior del agua, el camino que haría el rayo si la fuente de luz se ubicara en el punto B, sería el mismo. Es decir, si la luz cruza desde un medio de mayor densidad (mayor índice de refracción), a otro de menor, se desvía de manera que se aleja de la normal.

Cada vez que observas objetos sumergidos, desde la orilla, estos no se encuentran en la posición que aparentan. Este fenómeno se debe a la refracción de la luz.

Inter@ctividad

En la siguiente página encontrarás una animación en la cual podrás variar el ángulo de incidencia del rayo incidente, y el índice de refracción del medio:
http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/Optics/Refraction/Refraction.html
Cuando el rayo sale desde el agua hacia el aire, ¿es posible que quede atrapado al interior? Inténtalo modificando las variables de la animación.

Ciencia-Tecnología-Sociedad

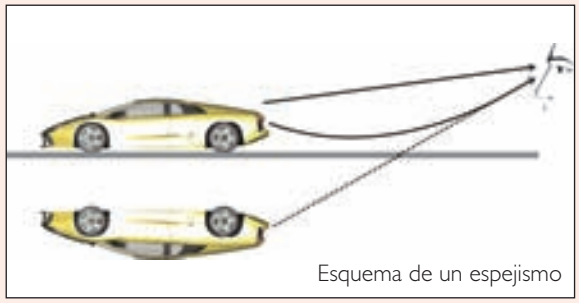
Fenómenos naturales donde actúa la refracción

El estudio de los fenómenos naturales nace, generalmente, a partir de sorprenderse frente a un hecho que ocurre en la naturaleza. Fenómenos como los espejismos y el arco iris, siempre han fascinado por sus grandes dimensiones y el espectáculo que ofrecen al espectador.

El arco iris ocurre cuando hay gotitas de agua suspendidas en la atmósfera. Al pasar la luz del sol por cada una de las gotas de agua, esta se refracta, es decir, cambia su dirección de propagación, entonces sucede un efecto llamado dispersión cromática. Este fenómeno ocurre con luz blanca como la del Sol, al refractarse se separa en los colores que la componen. Este fenómeno lo estudió en profundidad Isaac Newton y en él radica la naturaleza del arcoíris. Por ejemplo, si la luz del Sol fuera solamente azul, no se produciría el arcoíris. Los millones de gotas de agua que ocasionalmente se encuentran suspendidas en la atmósfera, posibilitan que este fenómeno sea visible a gran escala.

El espejismo ocurre cuando la luz pasa por un medio donde el índice de refracción cambia gradualmente, por ejemplo, en una tarde calurosa en la carretera, pareciera como si el pavimento más adelante estuviera mojado y la imagen de los autos se reflejara en esas pozas, sin embargo, al acercarnos nos damos cuenta de que no existen, y que la imagen se ha desplazado, hacia más adelante, ¿cómo es que ocurre aquello?

La temperatura del cemento de la carretera es más elevada que la del aire que lo rodea, por lo tanto, la temperatura del aire que está en contacto con el cemento será mayor que las capas superiores. Al ser más caliente, su densidad y su índice de refracción es menor, aquello produce que los rayos se curven de manera cóncava hacia arriba, dando la impresión de ser un reflejo en el agua (ver figura). Lo mismo ocurre en los desiertos debido a la alta temperatura de la arena, una palmera, por ejemplo, parece reflejarse en una laguna inexistente. El fenómeno recién descrito se conoce con el nombre de espejismo inferior.



Esquema de un espejismo

Fuente: Archivo Editorial.

En relación con la lectura, responde las siguientes preguntas:

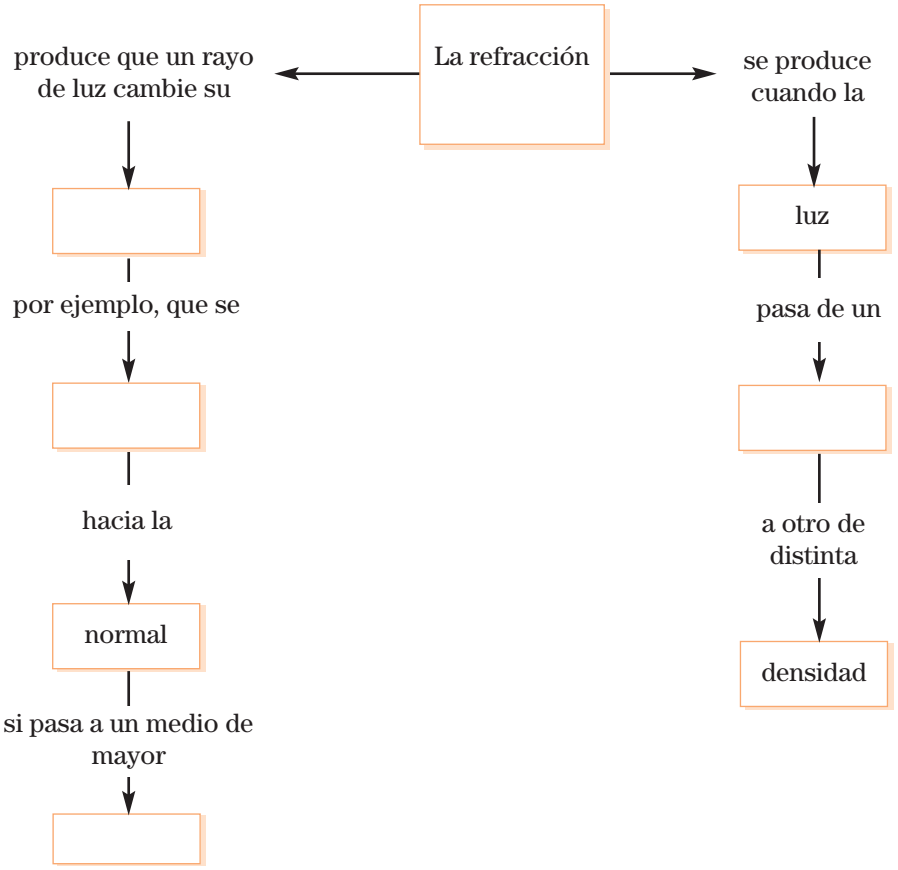
a. ¿En qué otro fenómeno puedes observar la dispersión cromática?

b. Si el Sol emitiese luz de una sola frecuencia, por ejemplo, luz de color rojo, ¿sería posible ver los arco iris?

c. ¿En un espejismo, qué efecto tiene la temperatura sobre la luz?, ¿ocurrirá algo similar en el sonido?

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



Evaluación de proceso

1. Explica qué condiciones debe tener un medio para que un rayo refractado se acerque o se aleje de la recta normal.
2. ¿Cuál será la velocidad de la luz en un medio en que el índice de refracción es n=2?
3. Realiza un esquema en donde un rayo de luz atraviesa tres medios diferentes, 1, 2, y 3, sucesivamente. Dibuja la recta normal en cada punto de incidencia y considera que $n_3 > n_2 > n_1$
4. ¿Cómo sería la refracción de la luz proveniente de reflectores ubicados en el suelo, en un recinto donde el aire estuviese a una temperatura más elevada en las cercanías del techo?, ¿qué efecto podría producir en las imágenes?

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Qué tema te resultó más fácil aprender?, ¿a qué crees que se debe esto?

b. ¿Qué hiciste para aprender los temas que te resultaron más difíciles?

Indagación: Las lentes

¿Qué sucede con la luz que emite un objeto al pasar por una lupa?

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y traten de responder la pregunta que se plantea, una vez discutida la pregunta, elaboren una hipótesis para dicha pregunta.

Materiales

Una lupa, una fuente luminosa (podría ser una vela o una lámpara de pie), una cartulina blanca, cinta adhesiva.

Procedimiento

1. En una sala que se pueda oscurecer, ubiquen la fuente luminosa sobre una mesa. Acerquen la mesa a una de las murallas y coloquen una cartulina blanca en el muro (si aquel es de otro color).
2. Enciendan la fuente luminosa, ubicándola a dos metros del muro.
3. Pongan la lupa entre la fuente y el muro, paralela a éste. Acérquenla paulatinamente hacia la fuente, deténganse cuando se produzca una imagen.
4. Si no se produce una imagen, alejen aún más la fuente luminosa del muro hasta que aquella se produzca.
5. Luego, sigan acercándose hasta la fuente luminosa y observen atentamente lo que ocurre.

Comparen lo observado por cada uno(a) y escriban un informe guiándose por las siguientes preguntas y actividades.

a. ¿Qué características tiene la primera imagen que se forma? (la más cercana al muro).
b. ¿Es posible formar otra imagen al desplazar la lupa entre el muro y la fuente? En caso afirmativo, ¿qué características tiene aquella imagen?
c. Realicen una descripción comparativa de ambas imágenes.
d. ¿Qué ocurre si se sigue alejando la fuente del muro?
e. ¿Ocurriría lo mismo si la fuente luminosa es más grande, como una ventana o un televisor?
f. Comparen sus resultados con las ideas iniciales, ¿existen coincidencias?

5. Lentes

5.1 Lentes convergentes

En la actividad de indagación pudiste observar que una lupa es capaz de formar imágenes debido a la refracción de la luz. Si hiciéramos una descripción de la lupa, podríamos apuntar que se trata de un cuerpo transparente, con ambas superficies curvas y con su centro más ancho que sus extremos. Todas estas características corresponden a lo que se conoce como **lente convergente**, cuya principal característica es que es capaz de reunir (hacer converger) la luz en un punto.

Reconocer-identificar

Actividad 9

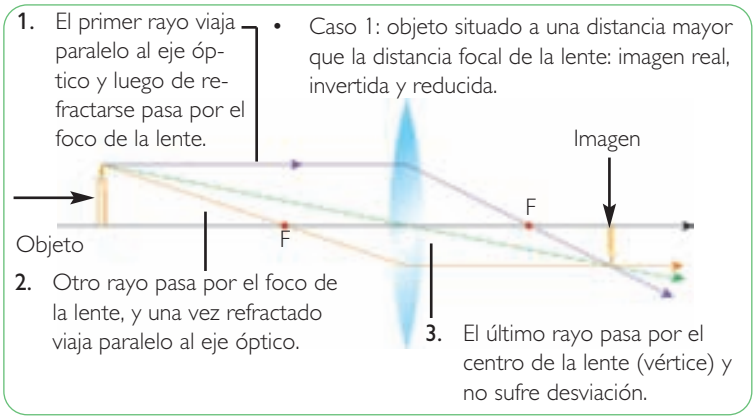
Foco de una lente convergente

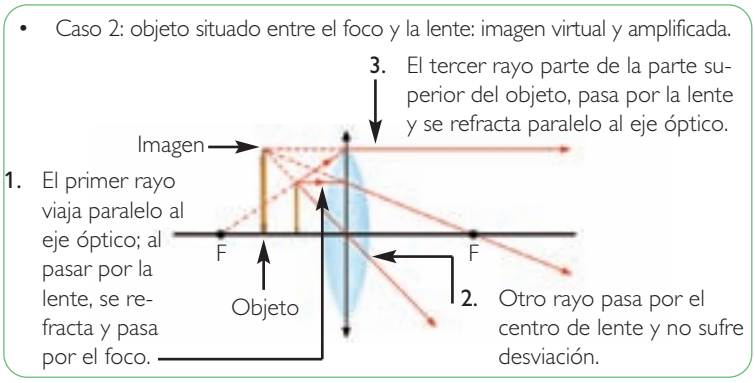
Para la siguiente actividad deberás utilizar una lupa, una regla, una hoja de cuaderno y unas gafas oscuras.

1. Al aire libre, en lo posible un día soleado o con pocas nubes, pon la hoja sobre el suelo y acerca la lente, de manera que puedas concentrar toda la luz que pasa por la lupa en el punto más pequeño.
2. Ten la precaución de utilizar las gafas oscuras, pues la intensidad de la luz te puede producir molestias en la vista.
3. Mide la distancia entre la lente y el papel y realiza un dibujo que muestre cómo se desvían los rayos que provienen del Sol, al pasar por la lente.

En la actividad anterior pudiste observar que una lupa común, o lente convergente, es un tipo de lente que reúne los rayos en un solo punto; al igual que en el caso de los espejos convergentes, aquel punto se denomina foco o punto focal. Es importante mencionar que las lentes biconvexas, como las mostradas en las imágenes, presentan dos focos, uno a cada lado del eje óptico, pues la luz podría llegar desde cualquier lado. Para saber cómo y dónde se forman las imágenes con este tipo de lentes, se usan tres rayos principales pero, al igual que en el caso de los espejos, bastan dos de ellos para localizar la imagen:

La refracción de los rayos se produce a través de toda la lente. Pero, para mayor simpleza de los esquemas, se muestra que la refracción se produce desde la mitad de la lente.


• Caso 1: objeto situado a una distancia mayor que la distancia focal de la lente: imagen real, invertida y reducida.
1. El primer rayo viaja paralelo al eje óptico y luego de refractarse pasa por el foco de la lente.
Imagen
F
F
Objeto
2. Otro rayo pasa por el foco de la lente, y una vez refractado viaja paralelo al eje óptico.
3. El último rayo pasa por el centro de la lente (vértice) y no sufre desviación.


• Caso 2: objeto situado entre el foco y la lente: imagen virtual y amplificada.
3. El tercer rayo parte de la parte superior del objeto, pasa por la lente y se refracta paralelo al eje óptico.
Imagen
1. El primer rayo viaja paralelo al eje óptico; al pasar por la lente, se refracta y pasa por el foco.
F
F
Objeto
2. Otro rayo pasa por el centro de lente y no sufre desviación.

Inter@ctividad

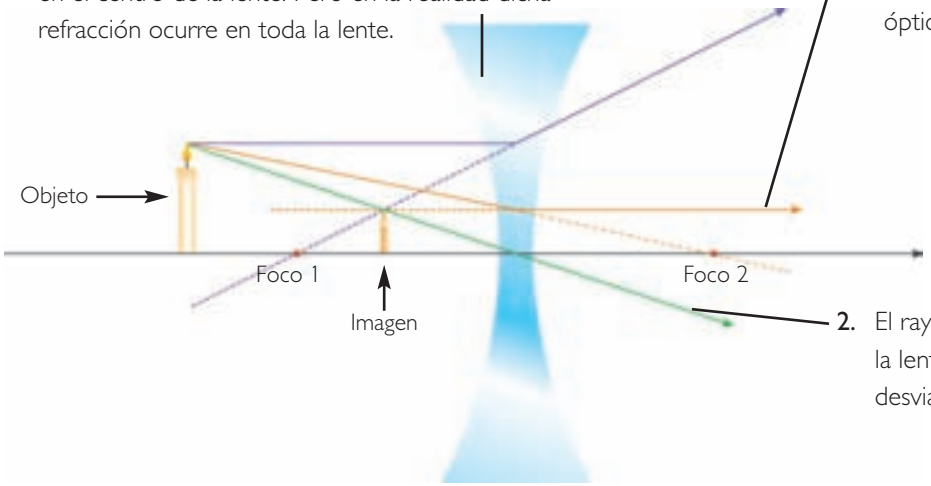
En la siguiente dirección podrás encontrar información sobre lentes divergentes: http://www.educaplus.org/luz/lente1.html además de dibujos con las reglas para la formación de imágenes.

5.2 Lentes divergentes

En la página anterior se describieron las cualidades físicas que tiene una lente convergente, pero ¿cuál sería el opuesto, es decir, una lente divergente? Una lente de este tipo sería más delgada en su centro que en sus extremos y, efectivamente, en una lente con esa forma los rayos no convergen en un punto, sino que se separan entre sí luego de ser refractados, es decir, divergen.

Como los rayos refractados no se cortan (solo lo hacen sus proyecciones), las imágenes serán virtuales. Para saber cómo y dónde se forman las imágenes de un objeto luminoso puesto frente a una de estas lentes, se pueden tener en cuenta los siguientes rayos que parten desde su parte superior:

1. El rayo que viaja paralelo al eje óptico, luego de refractarse en la lente, se abre, como si proviniera del punto focal. Consideraremos por simpleza del esquema, que la refracción ocurre en el centro de la lente. Pero en la realidad dicha refracción ocurre en toda la lente.



3. El rayo que viaja hacia el foco que está detrás de la lente se refracta y se sigue propagando paralelo al eje óptico.

2. El rayo que pasa por el vértice de la lente, sigue su trayectoria sin desviarse.

Observando el esquema, ¿cómo es la imagen que se ve al mirar por la lente divergente respecto del objeto?

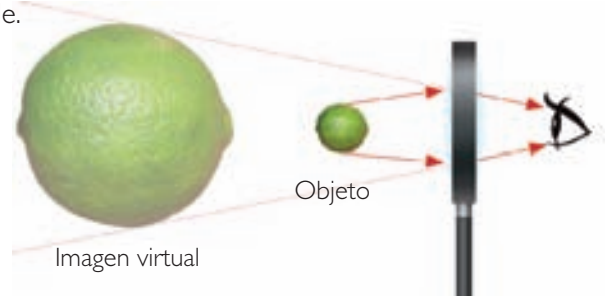
¿Qué sucedería si…?

Imagina que se inventara una lente donde algunos rayos convergieran, pero en varios puntos diferentes, ¿cómo se vería la imagen de una vela proyectada en una pantalla?

6. Aplicaciones de las lentes

a. La lupa

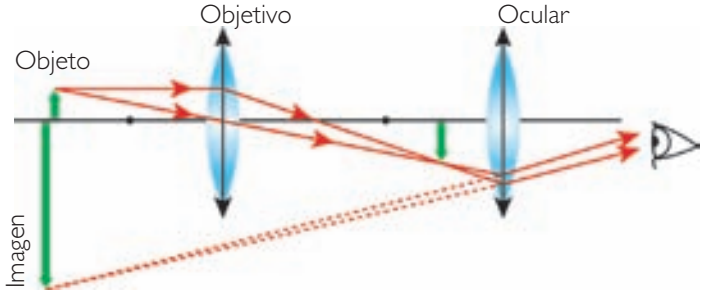
Es el instrumento óptico más sencillo y tiene innumerables aplicaciones; la usan los relojeros para ajustar pequeñas piezas mecánicas; los coleccionistas de estampillas para amplificar los detalles; sirve para observar pequeños insectos, detalles de fibras en la industria textil, etc. Una lupa consiste en una lente convergente, que produce su "efecto lupa" al colocar el objeto entre el foco y la lente. En el siguiente esquema se puede apreciar en detalle.



Como los rayos no se juntan realmente, sino sus prolongaciones, se trata de una imagen virtual y aumentada, que solo puede verse a través de la lente. ¿Qué será necesario para que el mismo instrumento produzca una imagen real?

b. El microscopio

Todavía no existe claridad respecto de quién inventó tanto el microscopio como el telescopio refractor. Su creación puede atribuírsele a Galileo Galiei, al óptico holandés Zacarías Janssen (1580-1638) o al fabricante de lentes alemán Hans Lippershey (1570-1619). El microscopio es el instrumento óptico que más avances ha proporcionado en áreas como la biología y medicina, este consiste en dos lentes convergentes de distinta distancia focal.



- La lente de menor distancia focal se llama objetivo. El objeto se coloca más allá del foco de aquella lente, producto de estos se formará una imagen invertida y aumentada.
- La imagen formada por el objetivo, servirá de objeto para la segunda lente llamada ocular, la que tiene una distancia focal mayor.
- La lente ocular forma una imagen virtual y aumentada del objeto, que es la que finalmente aprecia el observador.

Reflexionemos

El microscopio ha sido de gran utilidad para el desarrollo de la medicina. Gracias a su capacidad de amplificar pequeños objetos, se ha descubierto que el origen de muchas enfermedades se debe a microorganismos. Antes de eso, muchos males que afectaban al ser humano caían en el terreno de la superstición. Reúnete con un grupo de compañeros y/o compañeras y reflexionen sobre la importancia del conocimiento de la naturaleza, ¿qué ventajas tiene conocer la causa de los fenómenos? Busquen algunos ejemplos.

c. El telescopio refractor

Observar-comparar

Actividad 10

El telescopio más sencillo

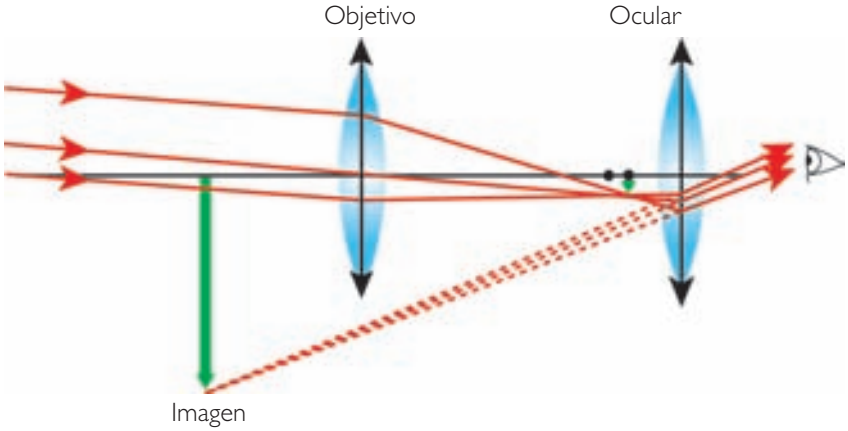
Formen grupos de dos o tres integrantes, reúnan dos lupas de distinto tamaño.

1. Coloquen la lente de distancia focal menor (ocular) a unos dos centímetros del ojo.
2. Escojan un objeto lejano a observar, puede ser un árbol, un cerro o un edificio.
3. Paralela a la primera lente, pongan la de mayor distancia focal y, lentamente, comiencen a alejarla hasta que logren una imagen nítida, ¿cómo es? Descríbanla.
4. Realicen cada uno la experiencia y comparen las observaciones.

Conexión con... astronomía

Los telescopios refractores tienen el inconveniente que producen cierto tipo de distorsión en la imagen, como es la aberración cromática, situación que produce la separación de la luz blanca en franjas de colores. Es por eso que no se construyen telescopios de tipo Galileo de grandes dimensiones. Los telescopios más grandes del mundo (muchos de los cuales se encuentran en el norte de nuestro país) son telescopios reflectores, como los estudiados en la página 71, en ellos entre mayor sea el diámetro del espejo, mayor cantidad de luz captan, sin producir deformaciones en la imagen.

Lo que hicieron en la actividad anterior es la base del funcionamiento del telescopio más sencillo, el telescopio de Janssen (ver figura). **Galileo** construyó el primer telescopio para observar objetos estelares (la Luna, Saturno, etc.), pero cambiando la lente ocular por una lente divergente. A este telescopio se le conoce como telescopio refractor o "tipo Galileo". En el esquema siguiente se puede apreciar el funcionamiento del telescopio de Janssen.



- Como el objeto se encuentra muy lejano, los rayos viajan paralelos entre sí, refractándose en la lente objetivo y formando una imagen invertida, muy cerca del foco del lente ocular.
- La imagen formada sirve de objeto para el lente ocular, el que amplifica por "efecto lupa". Producto de lo anterior, el observador ve una imagen invertida y de mayor tamaño.

Investigación científica

Distancia en la formación de imágenes

Observación

Al intentar formar imágenes con una vela y una lupa, nos podemos dar cuenta que para algunas distancias (entre la vela y la pantalla) no se forman imágenes. Respecto a esto se plantea lo siguiente: la distancia mínima para formar imágenes está relacionada con la distancia focal.
De la observación anterior se deduce que la distancia entre la pantalla y la fuente de luz son las variables a estudiar. ¿Cuál será la relación de ellas con el foco de la lente?, ¿será mayor la distancia mínima si el foco es pequeño?, ¿será al revés? Plantea una hipótesis al respecto, te puedes ayudar haciendo un esquema de los rayos y luego averigua si se cumple, siguiendo el siguiente procedimiento.

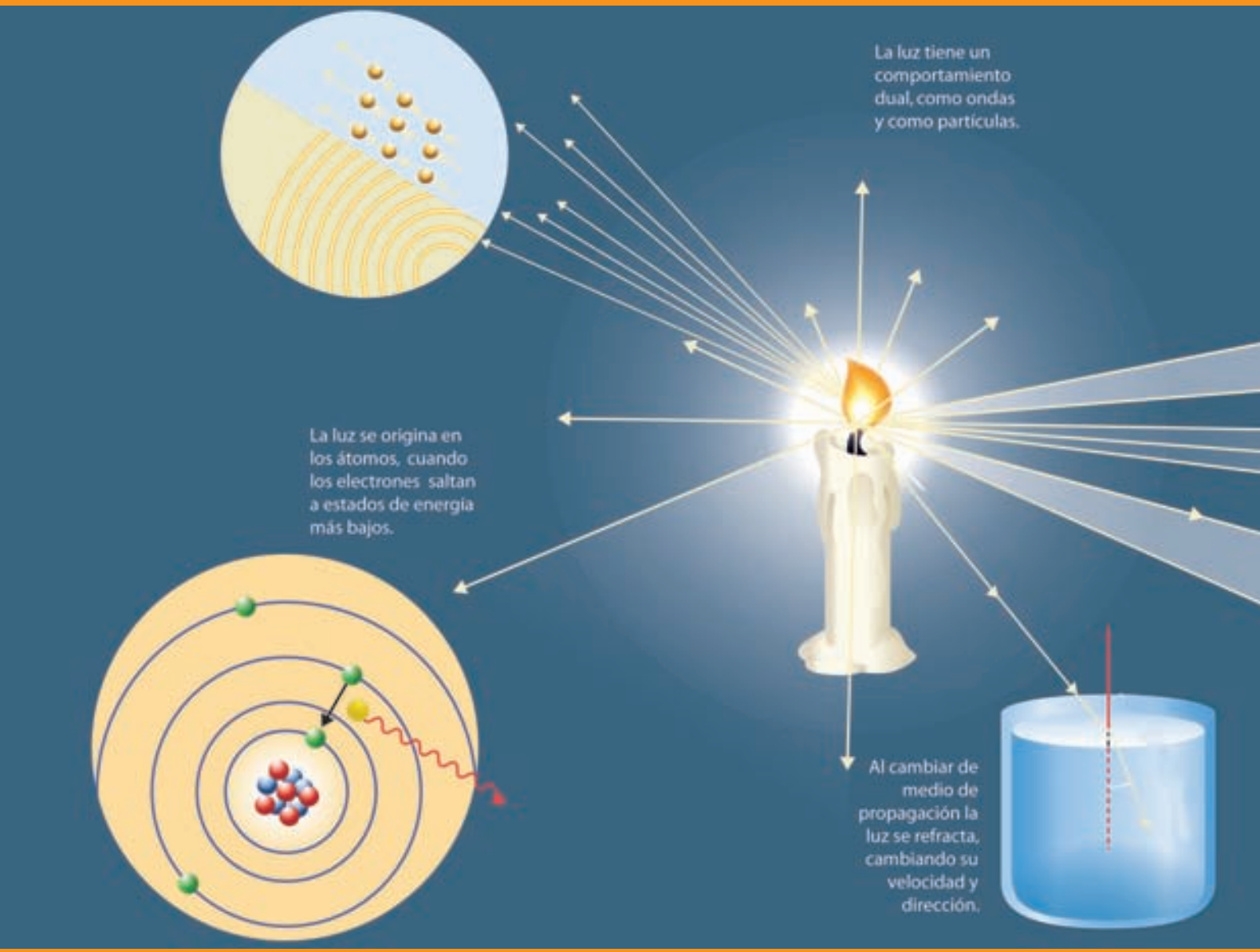
Procedimiento

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y consigan los siguientes materiales: una vela o una lámpara de pie, tres lupas de distinto tamaño, una regla o huincha de medir.

1. Usando el método de la actividad 9 (pág. 79), comprueben que las tres lentes tengan distinta distancia focal y mídanla para cada una de ellas.
2. Pongan la fuente luminosa a unos 20 cm de distancia de la pantalla (puede ser un muro).
3. Elijan una de las lentes y corroboren que a esa distancia no se puede formar imagen. En caso contrario, acerquen aún más la fuente a la pantalla, hasta que ocurra aquello.
4. Alejen lentamente la fuente luminosa y vayan cambiando la ubicación de la lupa, hasta que se logre formar la primera imagen. Midan la distancia entre la fuente y la pantalla.
5. Repitan el procedimiento anterior para cada una de las lentes y registren sus resultados en una tabla donde se indique la distancia focal y la distancia mínima para formar imágenes.

Análisis

a. ¿Qué ocurre con la formación de imágenes una vez que superan la distancia mínima?
b. Observen con atención los datos de la tabla, ¿se comporta el fenómeno como supusieron al principio?
c. ¿Cuáles fueron las mayores dificultades experimentales? Elaboren una lista de consejos pensando en un grupo que aún no ha realizado el experimento.


La luz tiene un comportamiento dual, como ondas y como partículas.
La luz se origina en los átomos, cuando los electrones saltan a estados de energía más bajos.
Al cambiar de medio de propagación la luz se refracta, cambiando su velocidad y dirección.

Línea de tiempo

325-265 a. C.

Los griegos estudian la naturaleza. Predomina la razón. La sociedad ateniense estaba dividida en hombres libres y esclavos.

1564-1642

El Humanismo se manifiesta en un afán de conocimiento, observación de la naturaleza y búsqueda.

1601-1665

A fines del siglo XVII comienzan los grandes cambios económicos y sociales que llevarían luego a la Revolución Industrial.

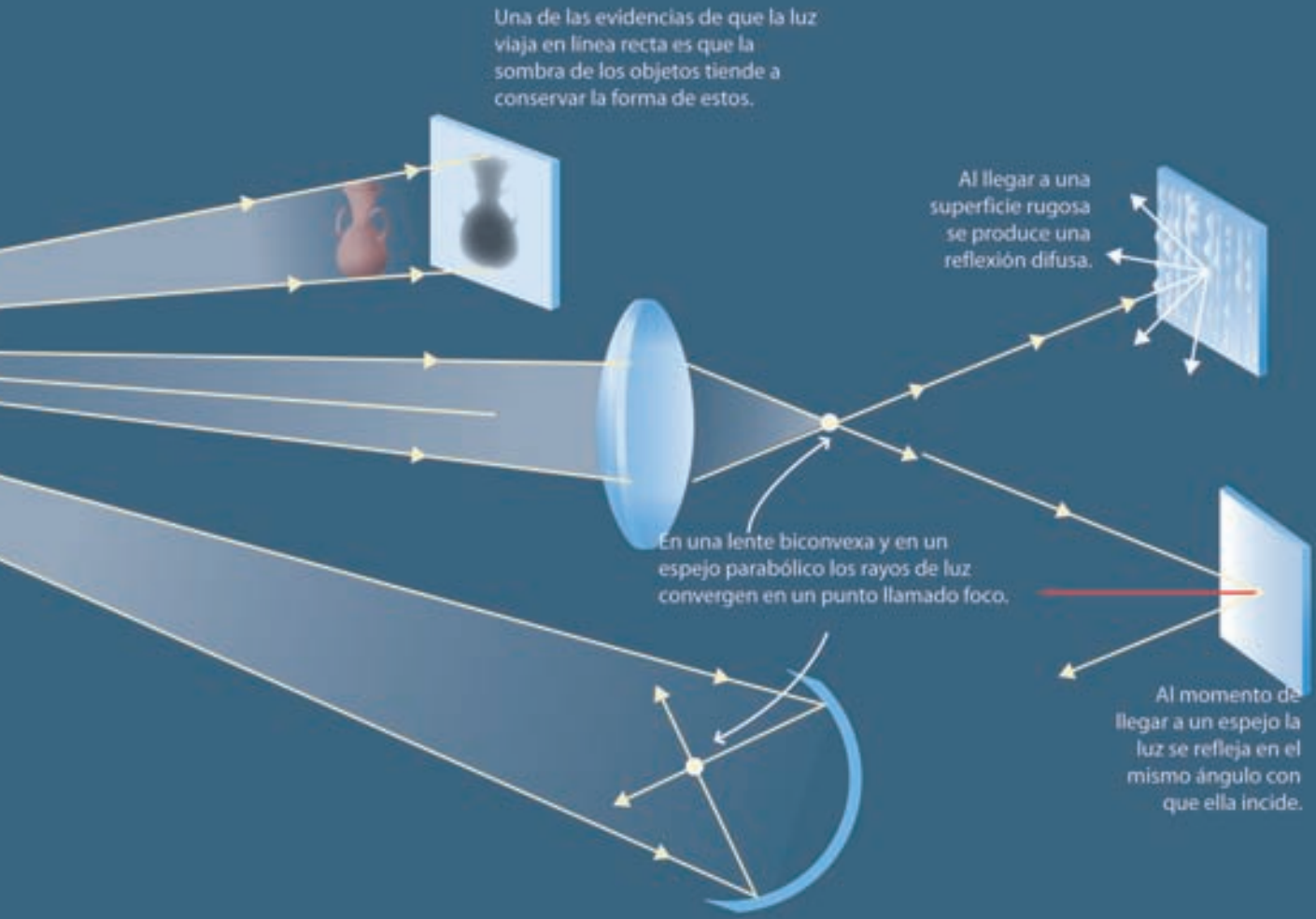
1629-1695

Alrededor del 300 a. C. Euclides plantea siete postulados sobre óptica, entre ellos la propagación rectilínea de la luz y la ley de reflexión.

A comienzos del 1600 Galileo perfeccionó el primer telescopio refractor.

A mediados del 1600 Fermat postula que el trayecto que sigue la luz es tal que emplea el mínimo tiempo en recorrerlo.

A fines del 1600 Huygens propone la teoría ondulatoria de la luz.


Una de las evidencias de que la luz viaja en línea recta es que la sombra de los objetos tiende a conservar la forma de estos.
Al llegar a una superficie rugosa se produce una reflexión difusa.
En una lente biconvexa y en un espejo parabólico los rayos de luz convergen en un punto llamado foco.
Al momento de llegar a un espejo la luz se refleja en el mismo ángulo con que ella incide.

Línea de tiempo

1644-1710

En toda Europa reina la monarquía absoluta. La base de la economía es la agricultura.

Roemer, en 1675, mide por primera vez la velocidad de la luz mediante las lunas de Júpiter.

1643-1727

Newton estudió la dispersión de la luz y en 1704 publica su libro *Opticks* donde plantea que la luz está compuesta por partículas.

1773-1829

A comienzos del 1800 surge el comercio como base de la economía.

En 1801, Young demuestra la naturaleza ondulatoria de la luz.

1858-1947

Durante los primeros años del siglo XX se vive la llamada revolución estética.

A comienzos del siglo XX, Max Planck postula que la luz y toda radiación electromagnética es energía cuantizada. Nace así una nueva rama de la Física, la mecánica cuántica.

¿Cuánto avancé?

Regresa a la página 52 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica. ¿Cómo fueron tus logros con respecto a la evaluación anterior?

Comprendo

Resuelve las siguientes preguntas:

1. Señala un argumento en contra y otro a favor de la teoría corpuscular de la luz y de la teoría ondulatoria.

2. ¿Por qué Galileo no pudo determinar la velocidad de la luz con el método experimental que ideó?

3. Se sabe que una cierta sustancia transparente reduce en un 40 % el valor de la velocidad de la luz en el vacío, ¿cuál es el índice de refracción de aquella sustancia?

4. Al interior de un átomo de sodio un electrón salta de una órbita a otra, emitiendo una luz de longitud de onda de 589 nm, al respecto se puede afirmar que:

   I. pasa a una órbita de menor energía.
   II. se aleja del núcleo atómico.
   III. se acerca al núcleo atómico.

   a. Todas. **b.** Solo I. **c.** I y II. **d.** I y III. **e.** Solo III.

5. ¿Cuál(es) de la(s) siguientes afirmaciones es(son) verdadera(s) con respecto a un espejo plano?

   I. Produce una imagen real.
   II. Produce una imagen virtual.
   III. Produce inversión especular.

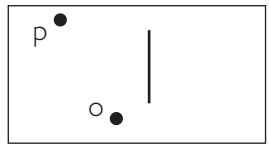
   a. Solo I. **b.** Solo II. **c.** I y II. **d.** II y III. **e.** II y III.

6. Se ubica un objeto frente a un espejo convexo a una distancia igual al centro de curvatura. Realiza un esquema de la situación y determina qué tipo de imagen se forma y en qué posición.

7. Un estudiante observa una piedra en el fondo de una piscina. Copia el esquema en tu cuaderno y dibuja la trayectoria que sigue uno de los rayos que permite al observador ver la piedra, señalando claramente el rayo incidente y el refractado.

Analizo

1. La línea de la derecha representa un espejo. Dibuja cuidadosamente la trayectoria del rayo luminoso que partiendo de O, incide en el espejo y se refleja pasando por P.



2. ¿Cuál de las siguientes imágenes es posible utilizando un espejo plano?

   a. Real y derecha.
   b. Virtual y reducida.
   c. Virtual y aumentada.
   d. Real y aumentada.
   e. Virtual y de igual tamaño.

3. ¿Cuál(es) de estas afirmaciones respecto de un espejo cóncavo es(son) verdadera(s)?

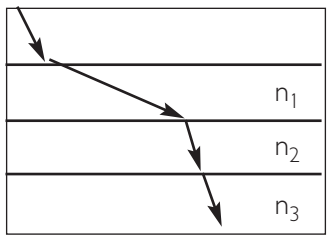
   I. Si un objeto emisor de luz (una ampolleta por ejemplo), se coloca en el punto focal del espejo, entonces, los rayos de luz reflejados saldrán paralelos entre sí respecto del eje óptico del espejo.

   II. Una aplicación de los espejos cóncavos se encuentra en las antenas parabólicas, donde el receptor de las ondas se ubica justo en el punto focal de la antena.

   III. Un objeto real ubicado entre el espejo y su punto focal proyectará siempre una imagen más grande de él y derecha.

   a. Todas.
   b. II y III.
   c. I y III.
   d. I y II.
   e. Ninguna.

4. Un rayo de luz pasa sucesivamente por tres medios transparentes de diferentes índices de refracción, tal como lo muestra la figura. Basándote en la información del dibujo, ¿cuál de los medios tiene menor índice de refracción?



5. Realiza un esquema que incluya objeto, rayos principales, espejo cóncavo, eje óptico y foco, en que se genere una imagen virtual, derecha y más grande.

6. Un tipo de telescopio refractor utiliza dos lentes biconvexas y captura los rayos que vienen paralelos desde una fuente muy lejana. ¿Qué ocurriría si el objeto luminoso fuera una vela y estuviese situada en el medio de las dos lentes? Dibuja la situación.

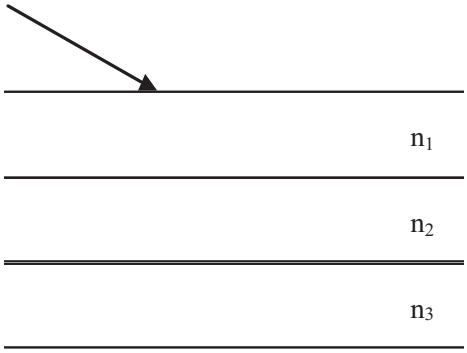
7. Diseña un sistema que utilice dos lentes y un espejo plano y que sea capaz de proyectar en una pantalla una imagen derecha y amplificada. Realiza un esquema y traza los rayos principales.

Aplico

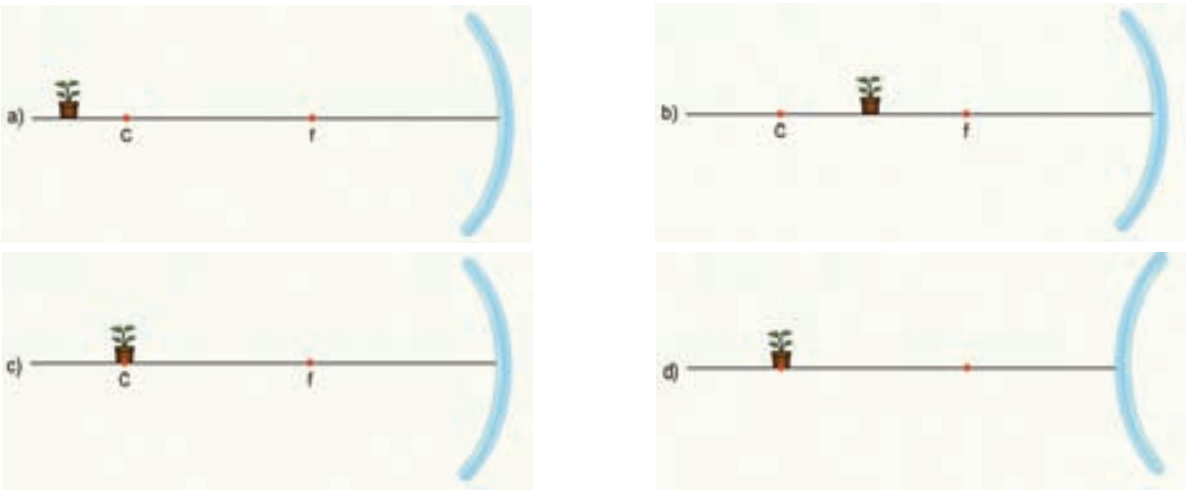
1. Señala tres evidencias experimentales que apoyen la idea de la propagación rectilínea de la luz.

2. Describe un breve método experimental para demostrar la difracción de la luz. ¿Por qué motivo no es tan sencillo observar ese fenómeno en la vida cotidiana?

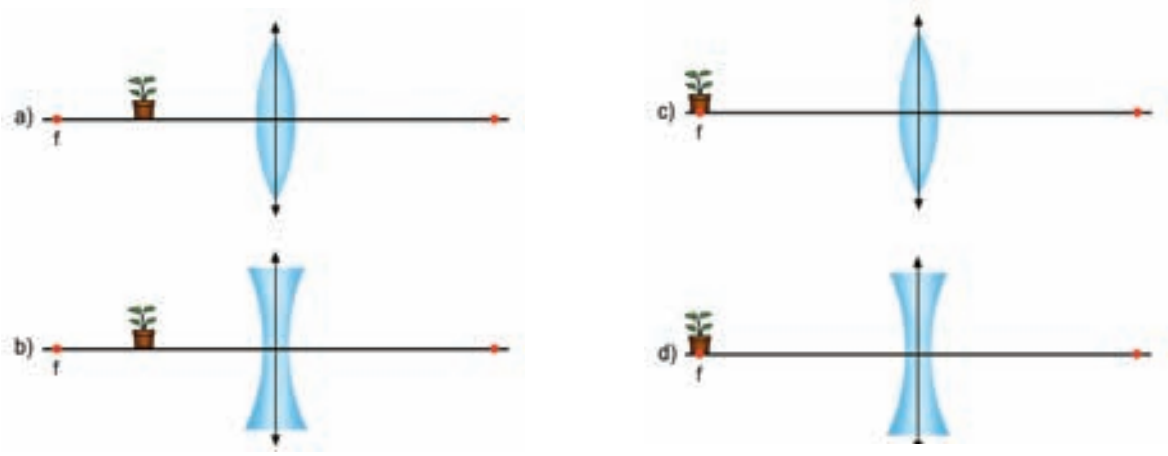
3. Copia el siguiente dibujo en tu cuaderno y completa el trazado de rayos, de manera que, respetando la ley de refracción, se evidencie que $n_3 > n_2 > n_1$ (considera que el rayo antes de entrar al primer medio, viaja a través del vacío).



4. Copia en tu cuaderno los siguientes diagramas y utilizando los rayos principales, determina dónde se forma la imagen. Considera que se trata de espejos de sección circular.



5. Los siguientes esquemas representan lentes refractoras. Cópialos en tu cuaderno y, utilizando los rayos principales, dibuja la imagen resultante.



Refracción de la luz en los líquidos

Antecedentes

Se sabe que los líquidos tienen un índice de refracción mayor que el aire, y por tanto, podría ser factible conocer qué sustancias de uso cotidiano (aceite, agua potable, agua salada, jabón…) tienen mayor o menor índice de refracción a través de un análisis comparativo entre ellos.

1. Objetivo

El objetivo del proyecto es realizar un montaje experimental que, como resultado, permita comparar el índice de refracción de distintas sustancias de uso cotidiano.

2. Planificación

Siempre es necesario utilizar un método para resolver un problema.

En el planteamiento de este procedimiento particular, deberías buscar o diseñar un recipiente que permita contener los distintos líquidos que vas a utilizar. Para la elección del recipiente debes pensar qué fenómeno esperas observar para determinar qué medio es más refractor que otro.

Además, es importante que elijas las sustancias que usarás, pensando que para que sea notoria la diferencia entre ellos, deben tener cualidades distintas, y que elijas una fuente de luz que te facilite la experiencia y que tenga propiedades que te permitan su manipulación.

Algunas preguntas que podrían orientar el planteamiento del procedimiento serían:

- ¿Qué cambios esperas observar en el rayo de luz que utilices?
- ¿Qué otros materiales o instrumentos te facilitarían medir los cambios esperados?
- ¿Qué cualidades distintas crees que podrían tener los líquidos, para que sea notoria su diferencia de índice de refracción?
- ¿Dónde y cómo registrarás la información?

3. Ejecución

Una vez planificado el trabajo, puedes realizar la experiencia, teniendo especial cuidado en la manipulación de los materiales, al igual que en otros factores que puedan incidir y que no habías pensado. Registra tus resultados.

4. Evaluación y análisis

Una vez finalizada la recolección de los datos, ordénalos de manera que permitan establecer una jerarquía entre ellos. Puedes evaluar tu procedimiento a través de una pauta de cotejo donde se compare lo esperado con lo logrado.

5. Proyección

A partir de tus resultados, idea alguna utilidad que puedan tener en la vida cotidiana. Piensa en una posible ampliación de tu proyecto, considerando, por ejemplo, medir con mayor precisión los resultados experimentales, o el diseño de un experimento que te permita medir el índice de refracción en sólidos y gases.

Unidad

3 Espectros óptico y auditivo

Vivimos en una época donde la tecnología se ha vuelto una herramienta cotidiana, basta salir a la calle para ver a muchas personas comunicándose por teléfonos móviles, o escuchando música por audífonos; las aplicaciones de la ciencia se han vuelto tan comunes que ya casi no nos sorprenden. ¿Te imaginas qué pensaría una persona de 100 años atrás si de pronto apareciera en el mundo de hoy? La ciencia tiene como primer objetivo conocer las causas que gobiernan los fenómenos naturales, pero una de las consecuencias del conocimiento son sus aplicaciones, muchas de las cuales se traducen en adelantos tecnológicos. En esta unidad ampliaremos el conocimiento sobre la luz y el sonido y estudiaremos las principales aplicaciones que les da el ser humano.

Aprenderás a:

- Analizar la naturaleza del espectro electromagnético.
- Reconocer los distintos rangos de audición en algunos seres vivos.
- Asociar los espectros auditivo y óptico y reconocerlos como parte de un fenómeno físico mayor.
- Reconocer las distintas aplicaciones tecnológicas en las que están presentes ondas sonoras y electromagnéticas.
- Identificar las distintas etapas del método científico en investigaciones clásicas.

Actividad inicial

En estas páginas se presentan una serie de imágenes. Reúnete con un grupo de cuatro compañeras y/o compañeros a trabajar en torno a las siguientes actividades:

1. ¿Cuáles de las imágenes puedes relacionar con el sonido y cuáles con la luz?, ¿hay alguna que esté relacionada con los dos fenómenos a la vez?
2. Señala todas las situaciones que estén relacionadas con las comunicaciones.
3. Averigua de qué manera se comunican los delfines. ¿Qué relación podría tener eso con la telefonía celular?
4. Clasifica las imágenes entre aquellas que representan un emisor de ondas y las que representan un receptor. ¿Hay alguna(s) que cumpla(n) con las dos características?

Responde en tu cuaderno

1. Lilian va al supermercado de una ciudad del sur de Chile. Al llegar a la entrada del recinto observa que las puertas se abren solas; al pensar sobre cuál será el mecanismo, se le ocurren las siguientes ideas:

A	B	C	D
Una persona vigila la entrada y cada vez que ve a alguien acercarse, pulsa un botón que abre la puerta.	Hay una especie de sensor en el piso, y cada vez que alguien se acerca, se envía una señal eléctrica a la puerta.	Hay una luz "invisible" en las cercanías de la puerta, y cada vez que alguien la interrumpe, estas se abren.	Las puertas están programadas para abrirse solas cada cierta cantidad de tiempo.

¿Cuál de las respuestas crees que se acerca más a la realidad?

2. ¿Con qué propiedad de la luz se podría relacionar la existencia de distintos colores?

3. Generalmente se recomienda, sobre todo en verano, protegerse de los rayos ultravioleta. ¿Qué tipos de daños crees que puede causar esta radiación?, ¿cuál será la naturaleza de esos rayos?

4. Emilio intenta sintonizar una radio ubicada en el 108,5 MHz del dial, ¿a qué característica física corresponde dicho valor?

5. Una onda radial ¿podrá propagarse en el vacío, por ejemplo, de una nave espacial a otra?

6. ¿Cómo crees que se transmite la señal desde el control remoto a la radio o al televisor?

7. Un grupo de estudiantes, en una ciudad de la costa, escucha la sirena de un barco con su característico tono grave, ¿lo oirían con la misma intensidad si su tono fuese más agudo?, ¿qué pasaría si se hiciese cada vez más agudo? (Considerar que la intensidad del sonido al ser emitido no varía).

8. Los delfines, las ballenas y los murciélagos (entre otros animales) son capaces de comunicarse mediante sonidos que los humanos no podemos oír. ¿Cuál de las siguientes características del sonido será determinante en este fenómeno?

A	B	C	D
Intensidad.	Frecuencia.	Velocidad.	Duración.

9. Imagina que estás en una habitación completamente oscura y quieres determinar la distancia al muro de enfrente. ¿De qué manera podrías estimar la distancia, utilizando una pelota? Basándote en lo anterior, imagina un instrumento más sofisticado que utilice las propiedades del sonido.

10. ¿Crees que nuestro sentido de la audición puede captar todo tipo de frecuencias? Explica.

Lo que me gustaría saber

- Elabora un listado de preguntas relacionadas con las utilidades del sonido y de la luz que te gustaría poder explicar una vez finalizada esta unidad.
- Identifica problemas cotidianos que te afecten a ti o a tu entorno y que se relacionen con la luz y el sonido. Plantea posibles soluciones.

Indagación: Naturaleza de la luz

¿De dónde provienen los colores?

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y discutan en torno a la pregunta de investigación. Elaboren una lista con ideas y planteen una hipótesis a la pregunta planteada. Para poner a prueba su hipótesis se les propone la siguiente actividad:

Materiales

Un espejo (basta con uno pequeño), una ensaladera de vidrio o plástico (de preferencia rectangular), papel blanco. Sigan las instrucciones que se indican.

Procedimiento

1. Agreguen agua al recipiente, de manera que este quede con agua hasta la mitad. Pidan a un integrante del grupo que lo sostenga, intentando que el agua no se mueva.
2. Con el espejo, dirijan la luz del sol al recipiente con agua, en distintos ángulos, hasta que observen la formación de colores. Si es necesario pueden elevar o bajar el recipiente hasta que resulte.
3. Una vez que tengan los colores, pidan a otro integrante que coloque el papel blanco a modo de pantalla y que busque la posición en que se puedan distinguir de mejor manera.

En relación con lo observado, respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo es el ángulo de la luz que entra por el agua, para poder observar los colores?
2. ¿Por qué motivo creen que se ve luz para cualquier ángulo?
3. ¿Cuántos colores diferentes pueden distinguir?
4. Realicen un esquema de rayos de la refracción, en que consideren, como un solo rayo, la luz del sol incidente, y como rayos diferentes, los colores observados.
5. ¿Cuál es el orden de los colores? Organícenlos en una tabla.
6. ¿Cuál es el que más se desvía?, ¿cuál se desvía menos?
7. ¿Verificaron la hipótesis inicial? Expliquen.

1. Dispersión cromática

Asociar-identificar

Actividad 1

Colores producidos en un CD

Para realizar esta actividad necesitarás de un CD y luz solar directa.

1. Ubícate cerca de una ventana o de un lugar asoleado y haz que la luz del sol incida directamente sobre el CD y busca la posición que te permita observar de mejor manera los colores.
2. ¿Qué diferencia existe en la manera utilizada en descomponer la luz con respecto a la indagación inicial?
3. ¿Observas alguna diferencia entre el espectro producido por ambos métodos? Si es así, ¿a qué crees que se deba?

En las dos actividades iniciales has podido apreciar cómo la luz solar, que en apariencia no tiene color, es capaz de "producir" muchos colores. ¿A qué crees que se deba eso? En la unidad anterior estudiamos la refracción de la luz y cómo es capaz de producir un arco iris, fenómeno que puedes observar cada vez que al regar, mientras haya sol, provocas una lluvia de gotitas en el aire. En el caso del CD, ¿ocurre también refracción? Intenta explicarlo.

El fenómeno que experimentaste en la Indagación y en la Actividad 1 se conoce como **dispersión cromática** y consiste en la descomposición de la luz blanca en colores. Este fenómeno fue estudiado en profundidad por **Isaac Newton** entre los años 1670 y 1672. Para descomponer la luz utilizaba un prisma, instrumento óptico que consiste en una figura geométrica transparente. Newton observó que la luz solar, al atravesar el medio del prisma y refractarse, se descomponía en una banda de colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta), la que se conoce hoy como **espectro visible.** Además, Newton ideó los siguientes experimentos relacionados con la dispersión: escogió un rayo de luz de un solo color y lo hizo pasar nuevamente por un prisma, observando que no sufría variaciones. ¿Qué hipótesis podría explicar este suceso? Luego, experimentó con la inversión del espectro, es decir, utilizando dos prismas iguales. Primero, descompuso la luz y con el segundo prisma volvió a producir luz blanca.

Estos experimentos lo llevaron a concluir que la luz blanca está compuesta de colores mezclados, pero que el ojo humano no es capaz de distinguirlos hasta que se separan.

Ten presente que:

- En Matemática, un prisma tiene una definición ligeramente diferente que en Física, causando a veces confusión. Los matemáticos definen un prisma como un poliedro que consta de dos caras iguales y paralelas llamadas bases, y de caras laterales que son paralelógramos. Para los físicos, en cambio, un prisma se define como un objeto capaz de refractar, reflejar y descomponer la luz en los colores.

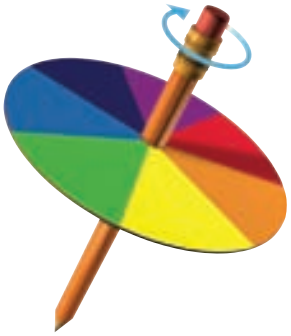
Actividad 2

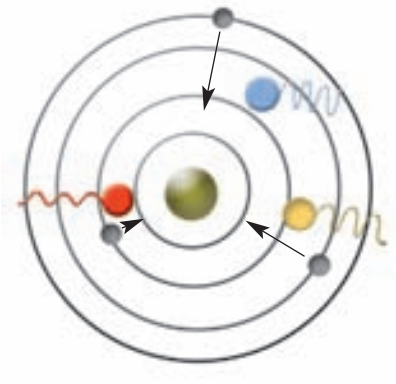
Observar-comparar

Disco de Newton

Para esta actividad necesitarás un trozo de cartón, tijeras, pintura (puedes usar acuarela o lápices de colores).

1. Recorta un trozo de cartón de 15 cm de diámetro y píntalo con los colores que observaste en las actividades anteriores.
2. Haz una perforación en el centro del disco de cartón, de manera que puedas pasar un lápiz por él. Ten la precaución de que quede ajustado, de manera que si giras el lápiz, gire también el disco.
3. Hazlo girar rápidamente y observa de qué color se aprecia el disco. ¿Influye la velocidad en el color?
4. Cuando se comience a detener, identifica cuál es el primer color en aparecer.





El dibujo representa cómo se producen los distintos colores, si el salto del electrón es grande se emite un fotón con más energía y frecuencia que si el salto es menor. En el dibujo se aprecia que el azul tiene mayor energía que el amarillo y el amarillo más que el rojo. ¿Qué crees que sucedería si el salto es mayor aún que en el caso del azul?

En la actividad del disco de Newton, pudiste apreciar el proceso contrario al de la dispersión, es decir, vemos blanco cuando se superponen todos los colores, pero ¿qué significa que la luz tenga colores diferentes?

En la unidad anterior se explicó que según la teoría corpuscular la luz se origina al interior del átomo debido a los saltos cuánticos que dan los electrones de una órbita a otra. Ahora bien, entre mayor es el salto, mayor es la energía que tiene ese fotón de luz que se emite. Existe una relación entre la energía que transporta una onda de luz y su frecuencia, dicha relación está representada por:

$$E = h \cdot f$$

Donde f corresponde a la frecuencia de la luz emitida, medida en hertz (Hz) y h es la **constante de Planck** en homenaje al físico alemán **Max Planck** (1858-1947), y cuyo valor es $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ J{\cdot}s$, donde J (joules) es una unidad física que mide energía. La energía se manifiesta siempre en múltiplos enteros de hf, por lo que se dice que está **cuantizada.**

En la unidad anterior estudiamos también que la frecuencia y la longitud de onda están relacionadas. En el caso de la luz, colores distintos corresponden a distintas longitudes de onda, o bien, a distintas energías.

Investigación científica

Experimento de Herschel

Planteamiento del problema

William Herschel (1738-1822) fue un astrónomo y músico alemán que hizo fama en Inglaterra como fabricante de telescopios. Al realizar observaciones del Sol solía tener problemas con los filtros utilizados, pues se calentaban demasiado, llegando incluso a dañarse. Para estudiar el aumento de la temperatura en ellos, en el año 1800 ideó un experimento que lo llevó a descubrir algo inesperado.

Hipótesis

La luz tiene la propiedad de elevar la temperatura de un cuerpo, según su color.

Procedimiento

Herschel dispuso una serie de termómetros en la luz solar dispersada por un prisma, de manera que incidiera la luz azul en uno, la luz amarilla en otro y la roja en un tercero. Agregó además dos termómetros de control para verificar la temperatura ambiente, uno a cada lado del espectro solar.

La siguiente tabla resume los resultados que obtuvo, luego de 5 minutos de espera.

	Termómetro cercano al azul	Termómetro azul	Termómetro amarillo	Termómetro rojo	Termómetro cercano al rojo
Temperatura °C	26,5	28,2	29,7	31,4	33,6

Análisis

1. ¿Cuál de los colores del espectro visible es capaz de producir una mayor temperatura en los termómetros?
2. ¿Te parece normal que los dos termómetros que están “más allá” del azul y del rojo, respectivamente, presenten distinta temperatura, si ambos están a la sombra?
3. Propón una posible explicación a ese fenómeno.

2. El espectro electromagnético

Conceptos clave

Radiación: energía (puede ser calórica, lumínica, atómica, etc.) que se propaga por el espacio a partir de una determinada fuente.

Espectro: distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa.

En el experimento reproducido en la página anterior, la explicación más plausible para el hecho de que el termómetro ubicado más allá del rojo mida una temperatura elevada, es la existencia de un tipo de radiación invisible, a la cual Herschel denominó "rayos caloríficos" y que hoy conocemos como radiación infrarroja. El experimento realizado por William Herschel tiene una gran importancia para la Física, pues a pesar de su gran sencillez, abre un mundo desconocido para su época, se trata del espectro electromagnético.

El conocimiento que se tiene hoy en día del espectro electromagnético es bastante acabado y sus aplicaciones son muchas: cada vez que conversamos por teléfono móvil, que sintonizamos una radio, vemos un programa de televisión, o que sentimos el calor del Sol, estamos percibiendo de una u otra manera radiaciones electromagnéticas. La luz visible es solo una pequeña parte de la familia de ondas electromagnéticas que forman el espectro.

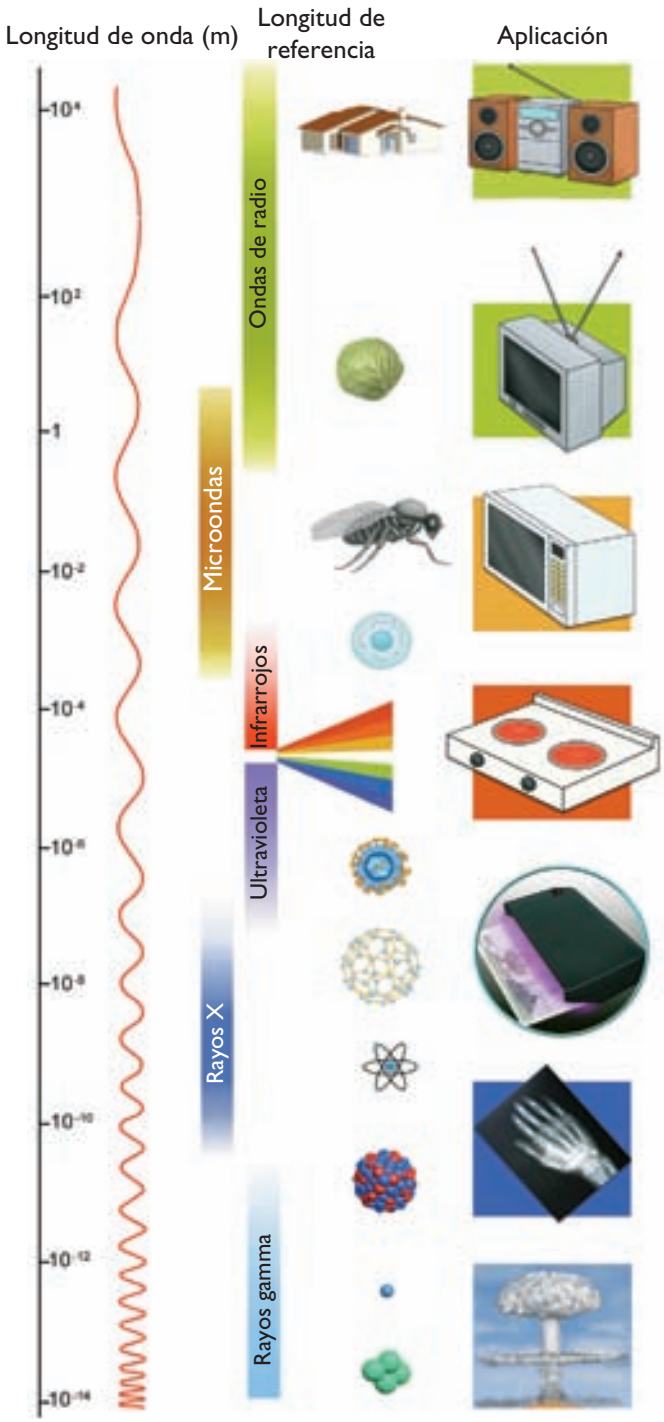
Las ondas electromagnéticas tienen todas las propiedades de la luz estudiadas hasta ahora, y su estudio ha permitido acceder a realidades hasta ahora "invisibles para el ser humano".

Conexión con... Biología

Muchos animales son capaces de percibir ondas electromagnéticas distintas a las que podemos percibir los seres humanos con la vista. Por ejemplo, algunas serpientes pueden percibir la radiación infrarroja de animales de sangre caliente, o bien, insectos como las abejas pueden percibir la luz ultravioleta, situación que les sirve para buscar alimentos. Es curioso pensar que ante una misma realidad, por ejemplo, el polen de una flor, distintos seres vivos son capaces de distinguir aspectos diferentes, lo que se relaciona de alguna forma con su sobrevivencia.

2.1 Características del espectro electromagnético

Los aspectos que nos permiten diferenciar distintas zonas del espectro electromagnético son la frecuencia y la longitud de onda, y se cumple que las ondas que poseen mayor frecuencia de oscilación son las que transportan más energía. A continuación se presenta un resumen de los diferentes tipos de radiación electromagnética.



Ondas de radio: poseen una longitud de onda aproximada de 1 m. Se originan por la vibración de los electrones en alambres conductores de circuitos eléctricos, presentes en aparatos como televisores, radios, etc. También las ondas de radio emanan de fuentes como el Sol, cuya intensidad en ocasiones puede provocar interferencia en los sistemas de comunicación de la Tierra.

Microondas: se producen en ciertos circuitos eléctricos oscilantes; el tamaño de su longitud de onda es entre 1 mm y 1 m. Se utilizan mucho en hornos y en telefonía.
El universo está lleno de residuos del *big bang;* aquella radiación se produce principalmente en este rango.

Rayos infrarrojos: su longitud de onda fluctúa entre los 0,7 μm y 1 mm. Es común que esta radiación sea emitida por cuerpos calientes debido a la vibración de sus átomos y moléculas, o en aquellos que varía su energía interna.

Luz visible: es la más conocida, pues podemos percibirla con los ojos. Su longitud de onda fluctúa entre los 400 y 700 nm. Puede generarse por los saltos de electrones en un medio material.

Rayos ultravioleta: su longitud de onda es inmediatamente menor que la luz visible (1 a 400 nm). Puede ser producida por saltos de electrones y fuentes de calor como el Sol.

Rayos X: como atraviesan los tejidos blandos, pero no los huesos, son utilizados en medicina para radiografías, aunque una sobreexposición puede ser dañina. Su longitud de onda varía de los 0,01 a 10 nm.

Rayos gamma: es la radiación más penetrante, pudiendo causar severos daños en los seres vivos. Se origina en el núcleo de algunos átomos. Su longitud de onda es menor que los 10 pm.

2.2 Aplicaciones del espectro electromagnético

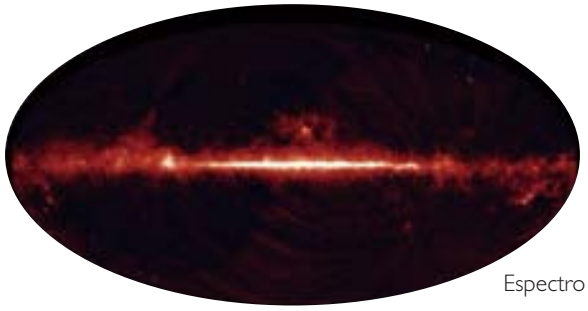
Identificar-clasificar

Actividad 3

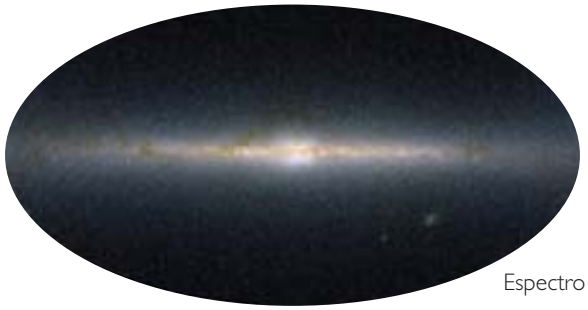
Usos de la radiación electromagnética

A continuación te presentamos una lista de aplicaciones de algunas ondas electromagnéticas: el control remoto, el sensor de las puertas electrónicas, las radiografías, el teléfono móvil, un horno microondas, las ondas de radio, el detector de billetes falsos y los paneles solares.

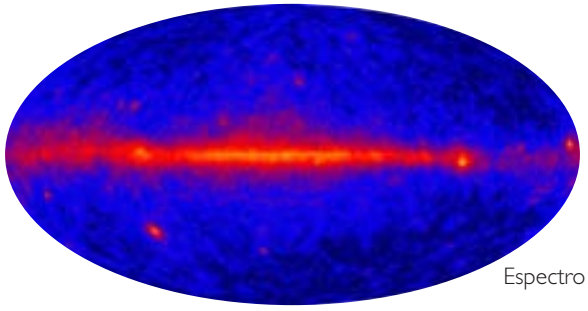
- Busca otros ejemplos de aparatos tecnológicos que se puedan relacionar con ondas electromagnéticas y agrégalos a la lista.
- Averigua qué rango del espectro se relaciona con cada aplicación y ordénalos en una tabla, en orden ascendente según su frecuencia.



Espectro infrarrojo.



Espectro visible.



Espectro gamma.

La Vía Láctea es la galaxia donde se encuentra nuestro Sistema Solar, está formada por miles de millones de estrellas de diferente tamaño y temperatura. Su análisis bajo distintos rangos del espectro, nos puede revelar en qué regiones hay mayor temperatura, acumulaciones de masa o cuerpos emitiendo alta energía.

Como se puede observar en la actividad anterior, la vida contemporánea está llena de aplicaciones de las ondas electromagnéticas, en los distintos rangos del espectro. La tecnología, como una aplicación de la ciencia, se ha visto muy enriquecida con el descubrimiento de aquellas regiones "invisibles" del espectro electromagnético.

También otras disciplinas de la ciencia se han beneficiado de los avances en el conocimiento del espectro electromagnético, principalmente aquellas que basan su conocimiento en la información que pueden obtener de la luz recibida de ciertos cuerpos, como el caso de la Astronomía o la Química.

En la Astronomía, particularmente, los avances han sido asombrosos gracias a la mejor comprensión de la naturaleza de la luz, ya que ella constituye la información de los cuerpos que están en el espacio; por ejemplo, un mismo objeto celeste como una estrella, revela distintas facetas de su naturaleza al explorarse en distintas longitudes de onda, lo mismo ocurre con galaxias, nebulosas, agujeros negros, cometas y otros cuerpos.

3. El ojo, nuestro receptor natural de luz

Observar-asociar

Actividad 4

Propiedades de la vista

Reúnanse en parejas de trabajo. Realicen el punto 1 de forma individual; para el punto 2, uno de ustedes debe realizar la experiencia y otro observar atentamente lo que ocurre en uno de los ojos de su compañero o compañera.

1. Deben ubicar en un sitio que les permita enfocar (ver con nitidez) un objeto muy lejano (un cerro, una nube, un edificio), luego deben enfocar su vista en un dedo puesto a 10 cm frente a sus ojos. ¿Demora su visión en ajustar la imagen?, ¿qué tipo de mecanismo creen que permite enfocar a distintas distancias?
2. Luego, deben observar un objeto que esté muy iluminado, por ejemplo, un muro blanco en el que se refleje la luz del Sol (¡nunca se debe mirar el Sol directamente, pues se corre peligro de dañar la vista!). Ubíquense luego en un sitio en penumbras y observen si hay algún cambio en la pupila.
3. A partir de la experiencia, ¿con qué instrumentos ópticos estudiados en la unidad anterior podrían relacionar el ojo humano?

El ojo humano es el órgano que nos permite captar la luz que los objetos emiten, independiente si es por generación en el propio objeto o por reflexión. De la experiencia realizada se pueden destacar dos propiedades, la primera es la de **enfocar objetos**. Si has tenido la oportunidad de manipular una cámara fotográfica que tenga enfoque, habrás notado que aquello es posible gracias a la regulación de sus lentes. La otra propiedad es la de **regular cantidad de luz,** y en una máquina fotográfica esto se maneja mediante un dispositivo llamado obturador, que hace variar el tamaño de la abertura por la que entra la luz, de manera similar a como lo hace la pupila en el ojo. En estas dos propiedades nuestros ojos se asemejan a una cámara fotográfica, pero ¿cómo será el proceso por el cual nuestro cerebro interpreta las imágenes?, ¿cuáles serán los componentes de nuestro órgano de la visión?

La luz que proviene de los objetos se refracta al entrar en el ojo humano.

Conexión con... Zoología

Muchos insectos presentan ojos compuestos, es decir, que están formados por pequeñas facetas. Esto produce que la imagen que perciben esté "pixelada", como una especie de mosaico.

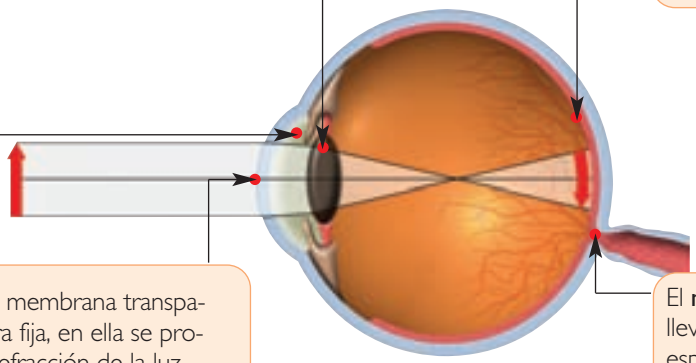
3.1 Estructura del ojo

Como hemos visto, el ojo o globo ocular, es el órgano receptor de la luz, y constituye la base del sentido de la vista. En general, el ojo se compone de un sistema sensible a los cambios de luz, capaz de transformar estos en impulsos eléctricos.

La **pupila** es una pequeña abertura que se puede contraer o expandir para regular el paso de la luz, esto lo hace mediante un grupo de músculos llamados iris. La pupila es el diafragma del ojo.

El **cristalino** tiene la forma de una lente biconvexa, que puede cambiar su curvatura movido por los músculos ciliares que lo sostienen, cambiando su punto focal. De esta forma, el ojo puede enfocar objetos ubicados a diferentes distancias.

La **retina** está compuesta de células fotosensibles llamadas conos (sensibles a los colores y responsables de la visión diurna) y bastones (sensible a los grises y responsables de la visión nocturna). Es una especie de pantalla donde se forma la imagen invertida del objeto. Allí, la imagen se transforma en impulsos eléctricos que viajan al cerebro.



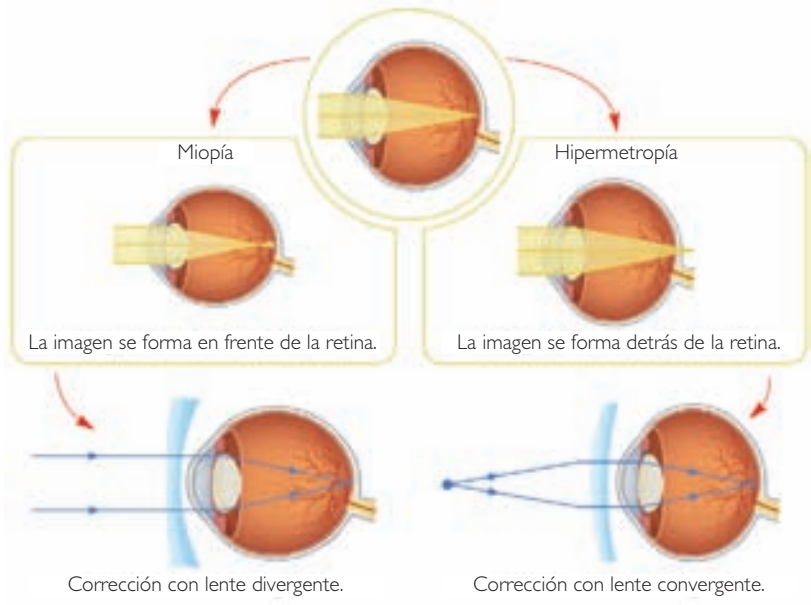
La **córnea** es una membrana transparente de curvatura fija, en ella se produce la primera refracción de la luz.

El **nervio óptico** es el encargado de llevar los impulsos eléctricos a zonas específicas del cerebro, donde son interpretadas como imágenes, en su posición real.

Conexión con... Medicina

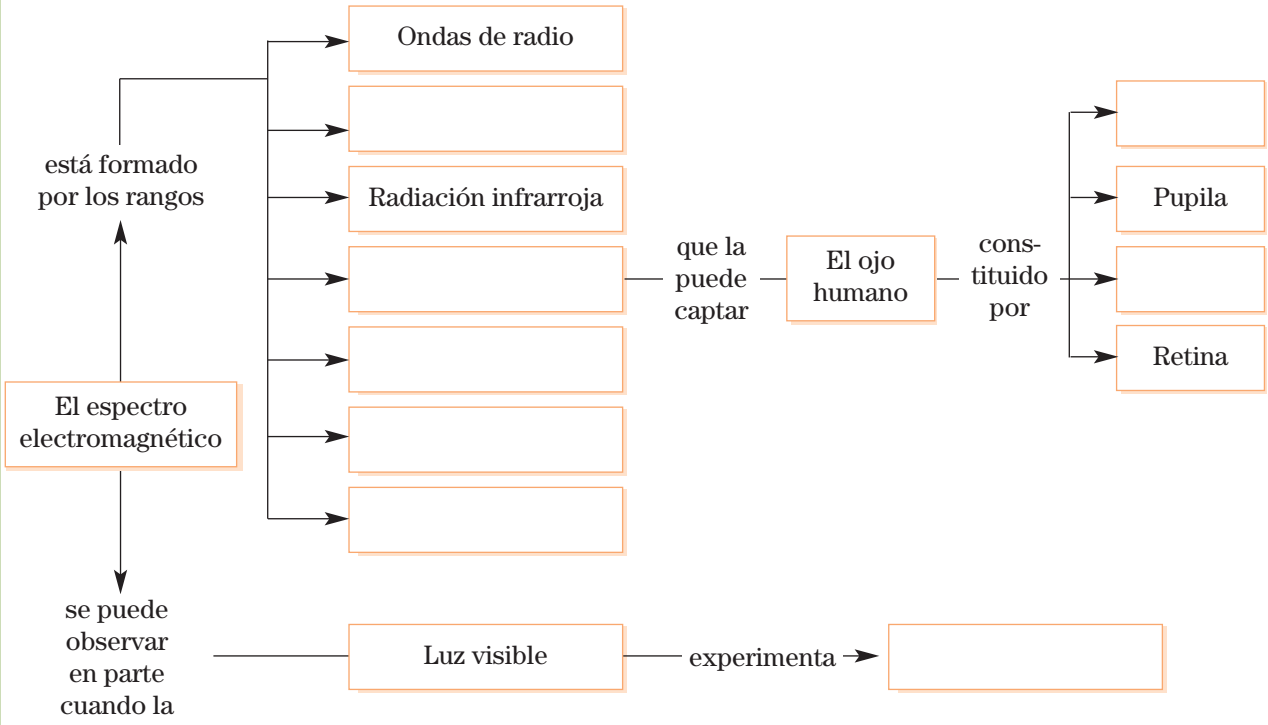
La rama de la medicina que estudia la visión humana se llama oftalmología.

Hay distintas condiciones que pueden afectar al ojo. La miopía y la hipermetropía se deben a la deformación del globo ocular, por lo cual las imágenes no llegan a la retina.
Una persona con miopía puede ver claramente objetos cercanos, pero no lejanos. Una persona con hipermetropía en cambio, es capaz de ver con claridad objetos lejanos, pero no objetos cercanos.


Miopía
Hipermetropía
La imagen se forma en frente de la retina.
La imagen se forma detrás de la retina.
Corrección con lente divergente.
Corrección con lente convergente.

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



Evaluación de proceso

1. ¿Qué maneras de dispersar la luz blanca conoces? Explica los procedimientos.
2. ¿Qué importancia tiene la refracción de la luz en la dispersión cromática? Explica.
3. Menciona las principales utilidades y/o peligros que presentan para los seres vivos los distintos rangos de la radiación electromagnética.
4. ¿Qué tipo de relación tienen la frecuencia y la longitud de onda en el espectro electromagnético?
5. ¿Qué mecanismos de la visión permiten enfocar objetos y regular el paso de la luz?
6. Explica qué tipo de lentes naturales posee el ojo humano en su interior.

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Algún tema te resultó difícil de aprender?

b. Y si resultó así, ¿qué propones para mejorarlo?

Indagación: Espectro auditivo

¿Cuál es la frecuencia más alta y más baja que podemos oír?

Seguramente sabes que existen frecuencias que no podemos oír, pero ¿cuáles crees que son los límites de la audición humana?, ¿cómo se podrían determinar dichos límites? Reúnete en un grupo de tres o cuatro estudiantes y planteen una posible respuesta a la pregunta inicial.

Materiales

- Un computador.
- Audífonos.
- Programa generador de frecuencias.

Procedimiento

1. Descarguen de Internet algún programa generador de frecuencias, cerciorándose de que pueda emitir un amplio rango de frecuencias (pueden trabajar también con algún programa que se encuentre en línea).

   (Se puede descargar un programa generador de frecuencias en las siguientes direcciones: http://www.nch.com.au/tonegen/index.html y http://www.energycrom.com/FRECUENCIAS%20RIFE.htm).
2. Una vez instalado el programa en el computador, uno de los integrantes del grupo debe ponerse los audífonos, mientras otro manipula el generador de frecuencias. Luego, intercambien roles.
3. El estudiante que manipule el generador de frecuencias debe comenzar emitiendo un sonido cuya frecuencia esté entre 300 Hz-450 Hz, luego debe ir subiendo la frecuencia.
4. El estudiante que tenga puesto los audífonos debe hacer una señal, levantando la mano cuando el sonido agudo salga de su rango de audición.
5. Repitan el procedimiento con cada estudiante, pero para los sonidos graves, partir desde una frecuencia intermedia y bajar de forma progresiva hasta que el sonido salga del rango auditivo.
6. Con los datos obtenidos completen la siguiente tabla:

Frecuencia límite de audición	Alumno 1	Alumno 2	Alumno 3
Frecuencia alta			
Frecuencia baja			

Respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Cuál es la frecuencia límite (promedio) alta?

b. ¿Cuál es la frecuencia límite (promedio) baja?

c. ¿Creen que existen errores de medición atribuibles a la percepción?

d. ¿El rango estimado inicialmente corresponde al que determinaron experimentalmente?

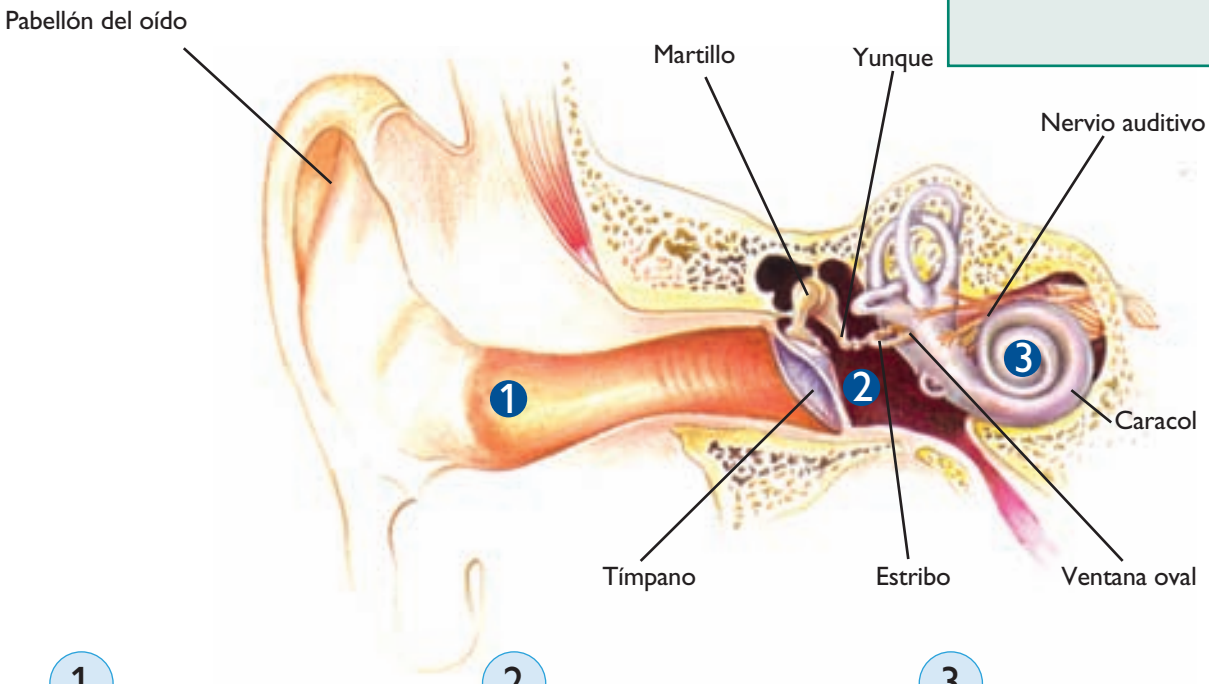
4. El oído, nuestro receptor natural del sonido

Cuando estudiamos el ojo, concluimos que se trataba de un sistema capaz de convertir las ondas electromagnéticas (luz) en una señal eléctrica que llega al cerebro. El proceso funciona de manera parecida en el caso del oído: para que se perciba la sensación, debe llegar una señal eléctrica al cerebro, pero, en este caso, la onda que se transforma es una vibración mecánica.

En el oído humano se distinguen tres partes principales: el oído externo, el oído medio y el oído interno.

Inter@ctividad

En la siguiente página encontrarás una animación 3D interactiva http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2007/09/oido_anatomia.html
Allí podrás ver cada una de las partes del oído en detalle. En la barra horizontal podrás encontrar la opción de ver otras animaciones, una con el proceso de escuchar y otra con las enfermedades que afectan al oído.



1

Oído externo
El **pabellón,** que conocemos como oreja, no está tan desarrollado como en otros animales, está conectado al **conducto auditivo,** que tiene la forma de un tubo de tres centímetros de largo que finaliza en el **tímpano.**

2

Oído medio
Consiste en una pequeña bóveda de aproximadamente 1 cm de ancho ubicada al final del conducto auditivo. El **tímpano** es una membrana elástica que vibra al recibir ondas sonoras. Las vibraciones se transmiten a un sistema mecánico formado por tres huesos pequeños (el **martillo,** el **yunque** y el **estribo**), que transmiten y amplifican el sonido hacia la ventana oval.

3

Oído interno
Consiste en una serie de conductos y cavidades donde la vibración se transforma en una señal eléctrica, un impulso nervioso. Se distingue la cóclea o caracol que se conecta mediante la **ventana oval** al oído medio. Al interior posee un líquido que transmite la vibración hasta el **órgano de Corti,** el que tiene terminaciones nerviosas que envían el estímulo hasta el **encéfalo** mediante el nervio auditivo.

¡! Reflexionemos

La contaminación acústica afecta principalmente a los habitantes de las ciudades o a quienes por sus trabajos se ven expuestos a sonidos de intensidades altas, o a intensidades moderadas durante mucho tiempo. Ambas situaciones pueden dañar el sistema auditivo.

- ¿Cuáles son los momentos en tu colegio en que se percibe una mayor contaminación acústica?
- ¿Qué medidas tomarías para reducir la contaminación acústica en la sala de clases?
- Averigua y discute con tus compañeros qué otro tipo de problemas psicoacústicos podrían provocar los altos niveles de ruido.

4.1 El proceso de escuchar

En la página anterior estudiamos la anatomía del oído, es decir las distintas partes y sus funciones, pero es imprescindible conocer la relación que ocurre entre ellas, desde que oscila una fuente sonora hasta que el cerebro percibe las cualidades del sonido (tono, intensidad, timbre).

En síntesis, una vez que la fuente sonora vibra, las ondas mecánicas viajan hasta entrar por el pabellón, avanzar por el conducto auditivo y hacer vibrar el tímpano. Luego, en el oído medio, se amplifica la presión a través de los huesos del oído medio. La ventana oval es la encargada de presionar la cóclea para que el líquido transmita la vibración a los cilios del órgano de Corti, que transforman el estímulo en señal eléctrica. Este impulso eléctrico finalmente viaja hasta el cerebro a través del nervio auditivo. Es muy importante conocer cuáles son las enfermedades que lo pueden afectar y de qué manera reducir los riesgos de producirle daño.

4.2 Problemas en la audición

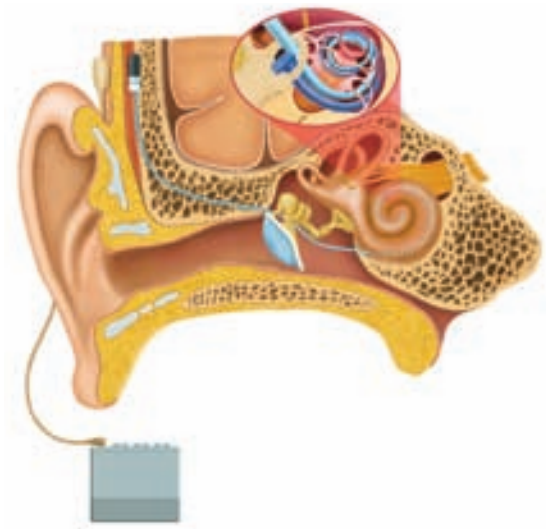
Seguramente al realizar las experiencias con el generador de frecuencias, sucedió que no todos los integrantes del grupo estuvieron de acuerdo en qué momento se dejaban de oír los sonidos, eso se debe a que existen diferencias en la audición. Algunos daños afectan a todas las personas a medida que envejecen, es la llamada **presbiacusia,** que se manifiesta como la pérdida paulatina de células receptoras de frecuencias altas.

Por otra parte, si falla cualquiera de las piezas que componen el oído se produce una disminución de la audición; también se puede producir sordera por infecciones o por someterse a intensidades de sonido demasiado altas.

Conexión con... Medicina

La mayoría de las sorderas son consecuencia de la destrucción de unos minúsculos pelitos (cilios) que están al interior de la cóclea. Estas células son las que transmiten los sonidos al nervio auditivo. El implante coclear, a diferencia de un audífono que solo amplifica el sonido, estimula al nervio auditivo para que envíe señales al cerebro.

El implante coclear es un sistema electrónico que consiste, básicamente, en una prótesis interna fijada quirúrgicamente en el cráneo, desde la cual se desprenden electrodos que se implantan en la cóclea, y una parte externa, un micrófono, ubicado detrás de la oreja que recoge los sonidos y los transmite al receptor interno.



5. Infrasonido

Observar-asociar

Actividad 5

Fuentes de infrasonido

El siguiente experimento es muy sencillo. Pon los dedos pulgares en tus oídos y luego cierra el puño y ábrelo, escucha atentamente. Repite la experiencia varias veces, en lo posible en un lugar silencioso.

a. ¿Qué es lo que percibes?

b. ¿A qué crees que se deba aquello?

Como infrasonido se denomina a aquellas ondas sonoras cuyas frecuencias son menores que los 20 Hz. Se ha detectado este tipo de ondas en catástrofes naturales como terremotos, erupciones volcánicas y tornados. También muchos animales pueden emitir y percibir ondas sonoras en aquel rango. Por ejemplo, los elefantes se pueden comunicar a varios kilómetros de distancia utilizando frecuencias de infrasonido; a su vez las ballenas y los tigres emiten, en su canto y rugido, componentes de infrasonido, lo que les ayuda además a paralizar a sus presas. Los músculos humanos al contraerse y distenderse también emiten ondas sonoras en el rango del infrasonido, de ahí surge la explicación de la Actividad 5.

Hay animales que pueden percibir infrasonidos; por ese motivo, probablemente, pueden huir con anticipación de muchas catástrofes naturales.

Conexión con… Música

Algunos compositores de música docta contemporánea como Pierre Boulez y Olivier Messiaen han utilizado en sus obras ondas de baja frecuencia, las que tienen la virtud de generar en la audiencia variaciones en su estado anímico. Para ello se utiliza un instrumento musical electrónico llamado ondas de Martenot, inventado en 1928 por el ingeniero y cellista francés Maurice Martenot.

5.1 Aplicaciones del infrasonido

¿Qué sucedería si…?

Imagina que solamente pudieras escuchar los infrasonidos y que fueras a presenciar una competencia de gimnasia, ¿qué crees que podrías percibir?

El infrasonido tiene la cualidad de ser muy poco absorbido por los medios materiales, recordemos que los sonidos graves son capaces de llegar más lejos de su fuente, motivo por el cual de una fiesta lejana solamente escuchamos los tonos bajos. Esta propiedad hace al infrasonido ideal para detectar objetos inmersos en algún medio material, donde no llega la luz. Recordemos, además, que la frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales. Según eso: ¿cómo será la longitud de onda de estos sonidos, y por lo tanto, el tamaño de los objetos que puede localizar?

Otra posible aplicación, a futuro, es la detección de ondas que se producen con anticipación en ciertas catástrofes naturales, como las erupciones volcánicas, los terremotos y los tornados. Se espera, por ejemplo, que al monitorear algunas tormentas, se pueda predecir en cuáles se producirán tornados y de esa manera alertar a la población y tomar medidas de seguridad.

5.2 Efecto del infrasonido en los seres vivos

Animales como los elefantes, las ballenas y los tigres, entre otros, son capaces de producir y percibir infrasonidos, lo que les permite en ocasiones advertir con anticipación ciertas catástrofes naturales. Pero el ser humano también es capaz de "sentir" el infrasonido, por ejemplo ventiladores o turbinas de aviones son capaces de generar una onda sonora que induce cefaleas y náuseas. También hay estudios psicoacústicos que relacionan la percepción de infrasonidos con ciertos estados de tristeza o ansiedad. Es importante mencionar que aunque no sean percibidos directamente por nuestro sistema auditivo, pueden provocar resonancia en cavidades corporales, alterando el ritmo natural del cuerpo humano y, en general, de los seres vivos.

El movimiento periódico de las turbinas de un avión genera ondas sonoras en el rango del infrasonido, que pueden causar sensaciones físicas en algunos pasajeros.

Algunos fenómenos naturales como los tornados son una fuente de infrasonidos

6. Ultrasonido

¿Cuál será el límite audible para los sonidos agudos? En la indagación se pudo observar que mientras elevamos la frecuencia del sonido, este se percibe cada vez más agudo, hasta el punto en que deja de oírse por completo. Aquello sucede alrededor de los 20 KHz. Desde ese valor de frecuencia sonora, y para frecuencias mayores, se habla de **ultrasonido.**

Este rango de ondas, sin embargo, es percibido y emitido por diversos seres vivos; insectos como las polillas y mamíferos como los murciélagos, ratones, perros y delfines utilizan el sonido en ese rango para comunicarse, obtener sus alimentos y localizar objetos. Algunas especies de murciélagos utilizan un sistema llamado ecolocalización, que consiste en emitir sonidos de alta frecuencia en una cierta dirección del espacio, y a través de la reflexión que se produce de la onda sonora, pueden estimar la distancia, el tamaño y forma de los objetos. Así pueden desplazarse por cavernas totalmente oscuras.

Los perros son capaces de oír sonidos que son inaudibles para los seres humanos, por eso existen silbatos "mudos" para llamarlos, y a veces son alertados por estímulos que no percibimos.

El rango auditivo se encuentra en estrecha relación con la distancia entre los oídos de los animales; en el caso de los murciélagos, al ser pequeña, su rango auditivo es el ultrasonido.

Rangos de percepción

Identificar-analizar

Actividad 6

La siguiente tabla muestra valores aproximados de la frecuencia superior de audición de algunos seres vivos.

Con respecto a la tabla responde:

a. ¿Cuál de ellos es capaz de captar ondas sonoras de mayor longitud de onda?

b. ¿Cuál de los seres vivos de la tabla, crees que podría detectar objetos de menor tamaño? Justifica.

c. Investiga cuál o cuáles de estos animales tienen un sistema auditivo similar al nuestro.

Tabla: Límite superior de audición de algunos seres vivos.

Ser vivo	Frecuencia (KHz)
perro	40
murciélago	86
polilla	175
ballena	130
ratón	80

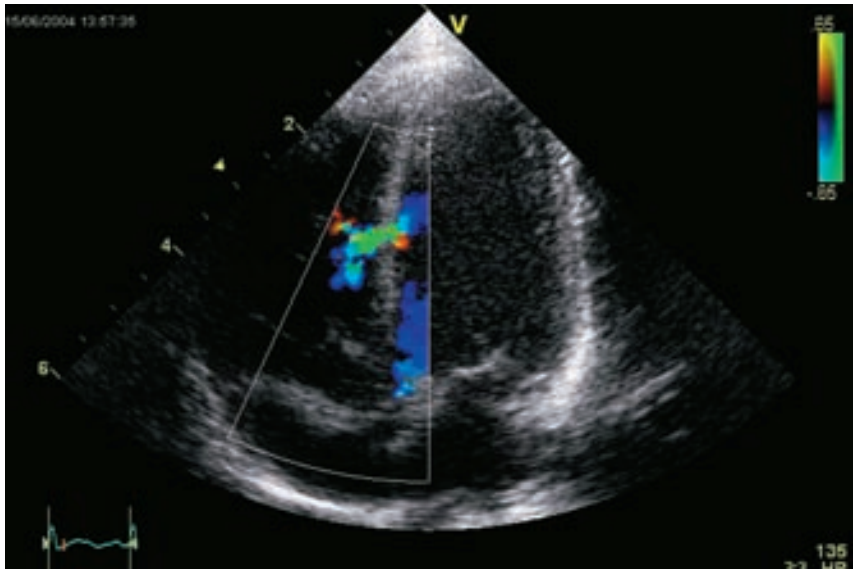
Fuente: Archivo editorial.

6.1 Aplicaciones del ultrasonido

En la página anterior pudimos apreciar que la emisión y percepción del ultrasonido en la naturaleza es un hecho frecuente, los seres humanos han estudiado sus propiedades para aprovecharlas en aplicaciones tecnológicas.

Imitando, por ejemplo, a los murciélagos y su sistema de ecolocalización, se han creado sistemas como el sonar que permite ubicar objetos en la oscuridad o en las profundidades del mar.

En la medicina quizás es donde ha tenido aplicaciones más significativas, pues ha permitido visualizar partes internas del cuerpo humano, sin dañar los tejidos, como sucede con algunas radiaciones electromagnéticas. Por ejemplo, la **ecografía** permite observar distintos órganos internos, así como el desarrollo embrionario o fetal al interior de la madre, y así poder determinar posibles malformaciones o enfermedades durante la gestación. Este sistema consiste en un transductor que se pone sobre el cuerpo que se quiere investigar, que emite las ondas de ultrasonido, luego estas se reflejan en el cuerpo y se visualiza en una pantalla.



El ultrasonido también se utiliza, por ejemplo, para detectar tumores o cuerpos extraños al interior del organismo.

Conceptos clave

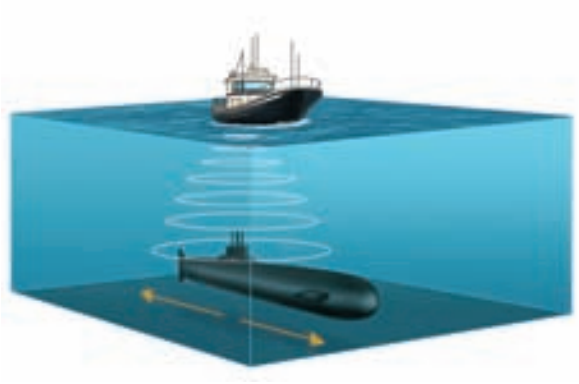
Transductor: se trata de un dispositivo capaz de convertir un tipo de energía en otra, por ejemplo cuando hablamos por teléfono celular, las ondas sonoras que emiten nuestras cuerdas vocales, se transforman en ondas electromagnéticas que al llegar a otro transductor (teléfono), se reconvierten en señal audible.

6.2 Efectos del ultrasonido en los seres vivos

Partiendo de la base de que el sonido transporta energía, una intensidad excesiva de este tipo de ondas puede llegar a causar daño en los tejidos si son absorbidas por ellos. Además, debido a que muchas especies animales utilizan cotidianamente el ultrasonido, el uso de máquinas por parte del ser humano puede producir la desorientación de muchos de ellos.

Ejemplo resuelto 1

Determinando el tamaño de un submarino



Se quiere detectar un submarino que se encuentra a gran profundidad en una fosa marina. Para ello se decide usar ondas infrasónicas, pues son menos absorbidas por el medio acuático. Si la frecuencia de la onda es de 10 Hz y la rapidez de propagación del sonido por el medio acuático es de 1.500 m/s, ¿cuál será el tamaño mínimo de un objeto a localizar?

Para resolver este problema, hay que tener presente que el objeto a localizar debe ser de un tamaño similar al tamaño de la longitud de onda. Por lo tanto, bastaría con conocer el tamaño de la longitud de onda. Como tenemos los datos de rapidez y frecuencia de la onda, se podría utilizar la ecuación, esta es $v = \lambda \cdot f$, que relaciona a las tres variables. Como lo que nos interesa determinar es la longitud de onda, nos conviene expresar la ecuación de la siguiente manera y luego remplazar los datos.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{1.500\ m/s}{10\ Hz}$$

$$\lambda = 150\ m$$

Es decir, la longitud de onda de aquel infrasonido es de 150 m, si el submarino tiene un tamaño menor, sería difícil detectarlo.

¿Qué pasaría si se utilizara un ultrasonido de f = 30 KHz?
Habría que usar un razonamiento idéntico al anterior, pero utilizando los datos pertinentes.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{1.500\ m/s}{30.000\ Hz}$$

$$\lambda = 0{,}05\ m$$

Es decir, con el uso de esa frecuencia se podrían distinguir objetos del orden de 5 cm. Sin embargo, dichas frecuencias tienen la desventaja de ser en gran parte absorbidas por el medio, es decir, no se podrían detectar objetos a mucha profundidad.

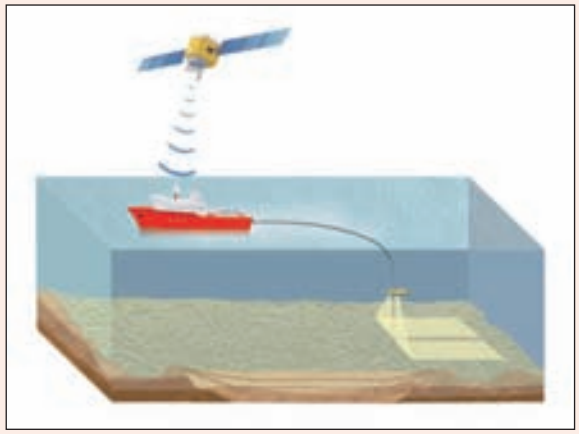
Ciencia - Tecnología - Sociedad

El sonar

Mamíferos acuáticos como los delfines y las ballenas utilizan hace millones de años sistemas de ecolocalización, es decir, localización de objetos a través del eco. Sabemos que el eco es un efecto de la reflexión de las ondas sonoras. Este fenómeno se aplica en el sonar, un instrumento capaz de identificar objetos subacuáticos, utilizado principalmente en embarcaciones militares y de estudio científico.

Gracias al sonar se ha podido saber, por ejemplo, cuál es la forma que tiene el relieve submarino, lo que es de gran utilidad para trazar las rutas de las embarcaciones comerciales, o bien para la exploración científica. De esa manera se ha descubierto que bajo el mar existen cordilleras, mesetas, fosas abisales, quebradas y muchos otros accidentes geográficos.

El primer registro de la utilización del sonido para efectos de la navegación se atribuye a Leonardo da Vinci, quien utilizaba un tubo sumergido en el agua, poniendo su oído en el extremo libre, para detectar embarcaciones. Es importante mencionar que en el agua salada el sonido se transmite con una rapidez mayor que en el agua dulce, por tener una mayor densidad, lo que hace eficiente este método. En el siglo XIX se usaron campanas subacuáticas como complemento a los faros para avisar del peligro a los marineros. Luego de la tragedia del hundimiento del *Titanic,* el desarrollo del sonar fue perfeccionado para hacer más segura la navegación, y durante la Primera Guerra Mundial se registraron también grandes avances, pues se hizo necesario para detectar buques y submarinos.



El sonar se utiliza para rastrear el fondo marino.

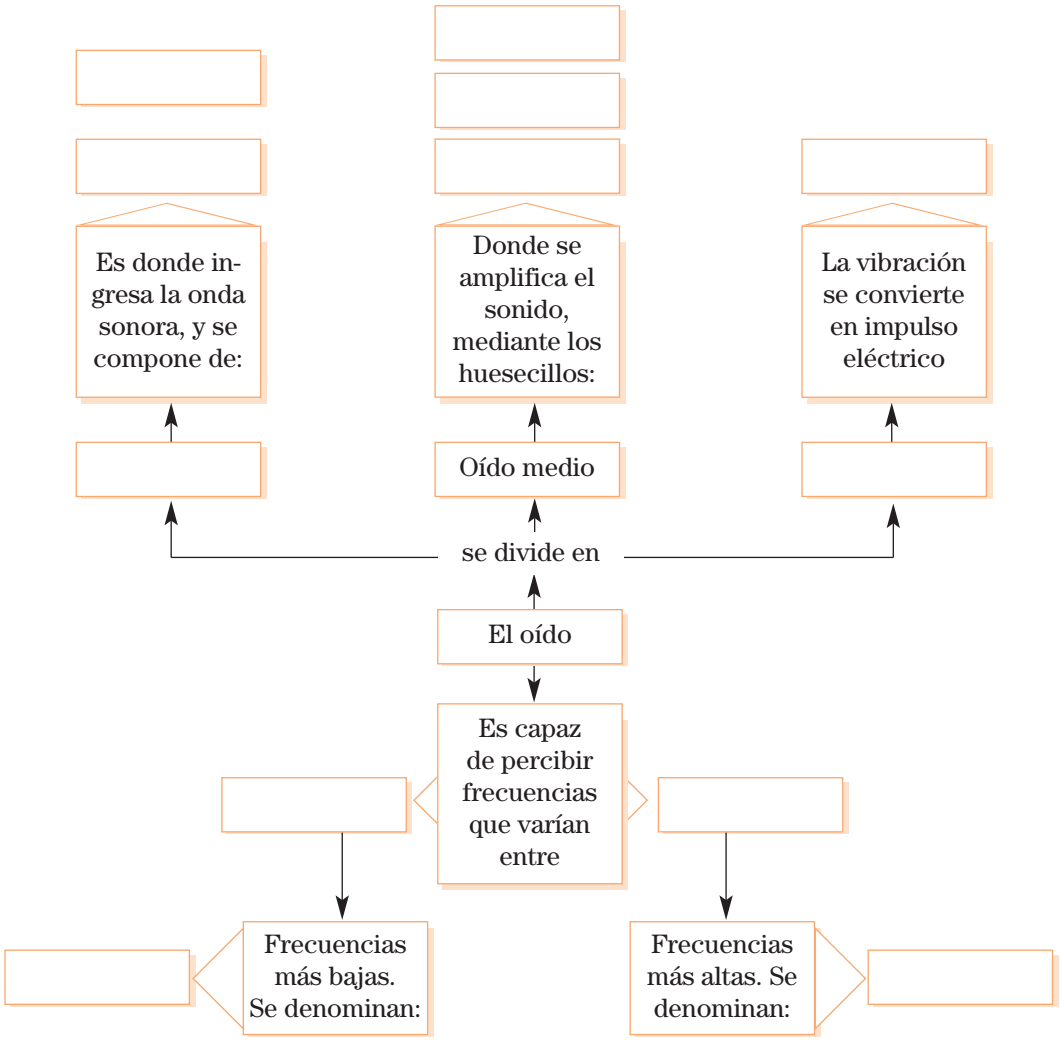
Fuente: Archivo Editorial.

Respecto de la lectura responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las principales ventajas y desventajas del uso del sonar?
2. ¿Cómo se podría evitar que el uso de estos instrumentos de exploración causen daño a la fauna marina?
3. ¿Qué opinas acerca de la extracción de grandes cantidades de peces para la pesca comercial?, ¿cómo afecta esta actividad el equilibrio del ecosistema marino?
4. Investiguen qué cualidades tiene el sonido utilizado en los sonares.

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:


Es donde ingresa la onda sonora, y se compone de:
Donde se amplifica el sonido, mediante los huesecillos:
La vibración se convierte en impulso eléctrico
Oído medio
se divide en
El oído
Es capaz de percibir frecuencias que varían entre
Frecuencias más bajas. Se denominan:
Frecuencias más altas. Se denominan:

Evaluación de proceso

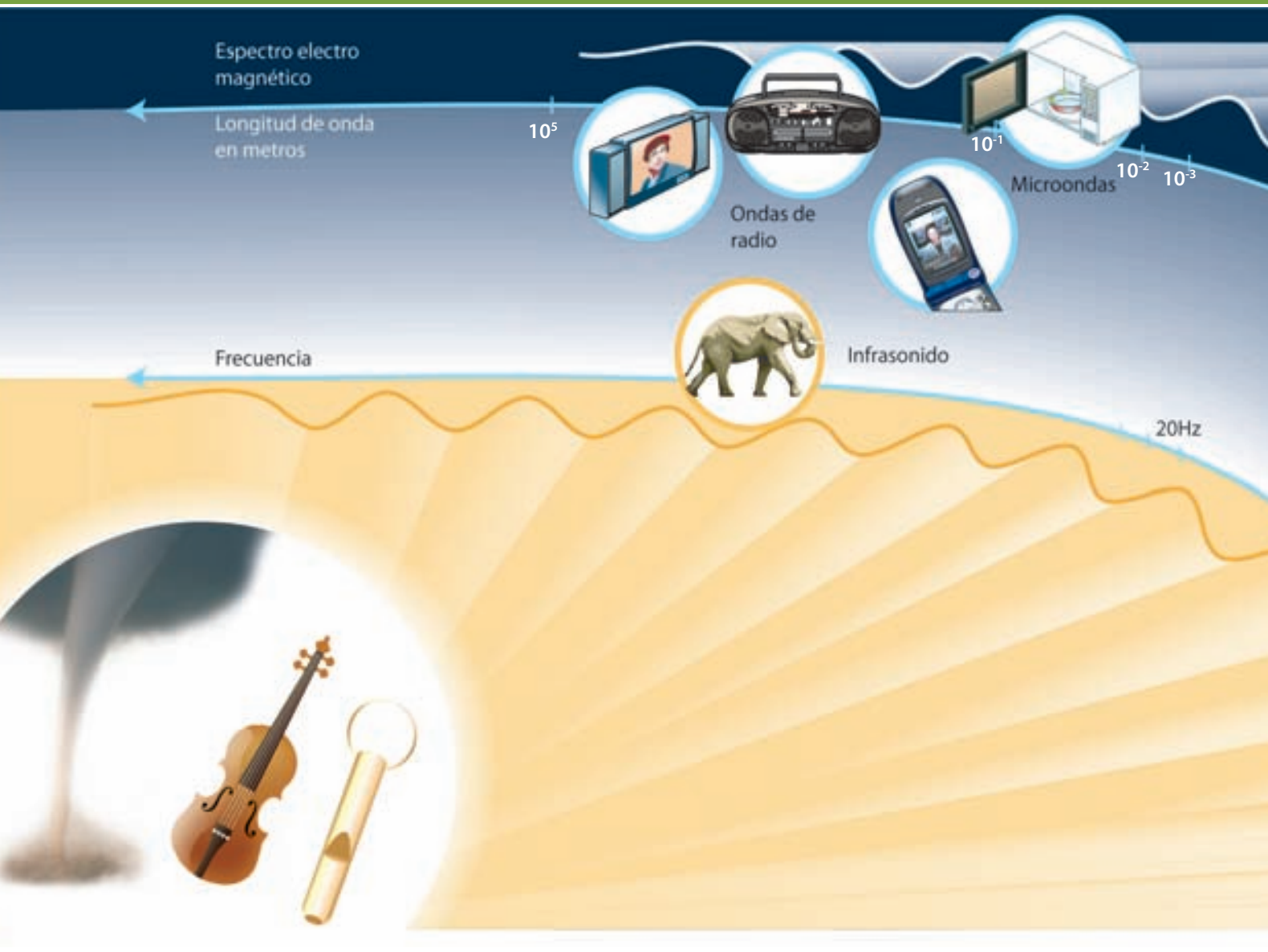
1. Realiza un esquema del proceso de audición, en que aparezcan todas las estructuras del oído mencionadas en el libro.
2. Explica algunas aplicaciones del infrasonido y del ultrasonido.

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿De qué manera(s) te resultó más fácil aprender?

b. ¿A qué piensas que se debe?



Línea de tiempo

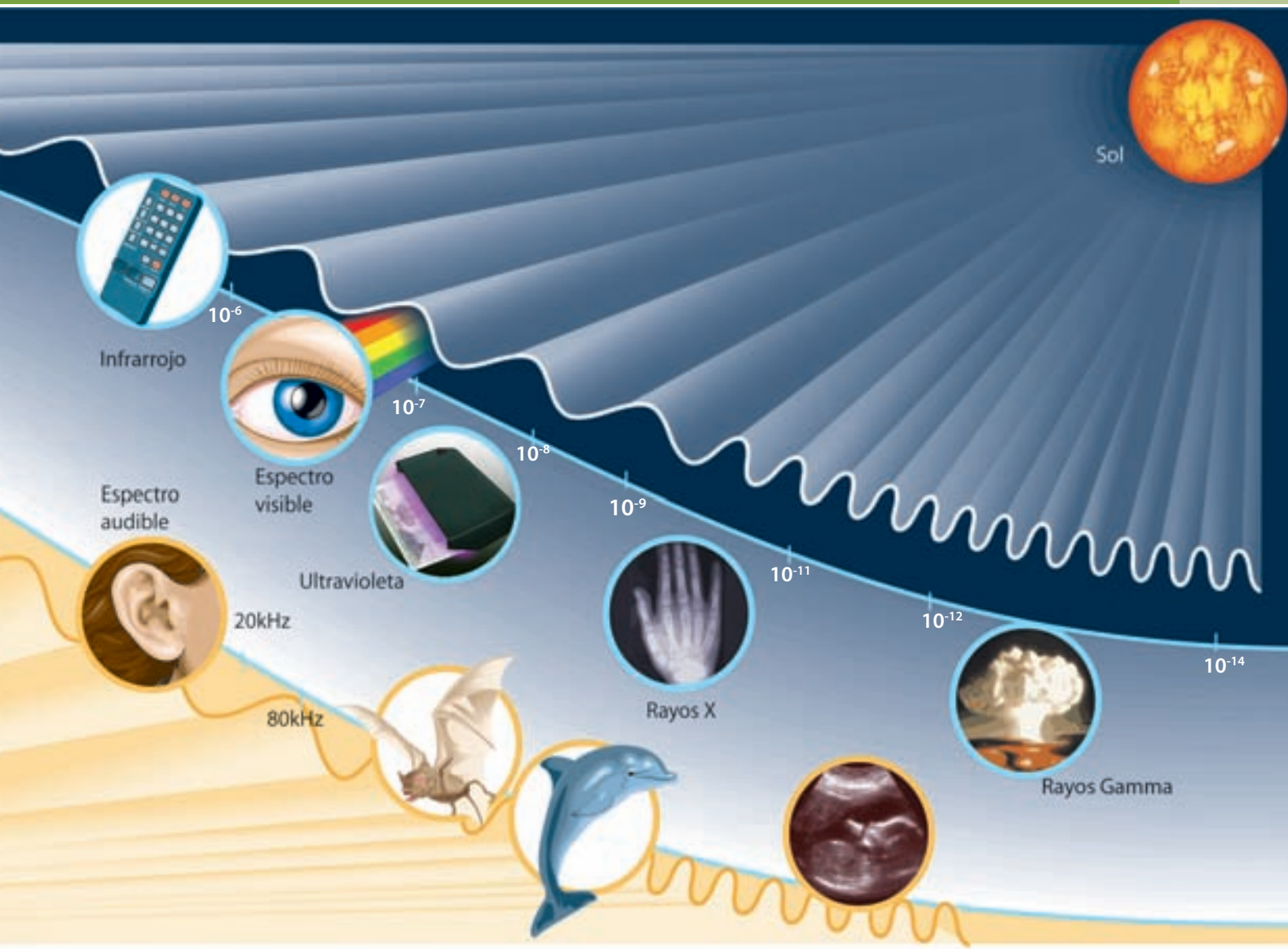
1738-1822

En el mundo del arte impera el romanticismo. Beethoven en la música, David Caspar Friedrich en pintura, Lord Byron en poesía. Los exponentes de este movimiento resaltan la libertad, la belleza y el regreso a la naturaleza.

1787-1826

William Herschel. Astrónomo alemán, descubridor del planeta Urano, también fue constructor de telescopios. Experimentando con filtros para observar el Sol, descubrió los rayos caloricos, más tarde conocidos como radiación infrarroja.

Joseph von Fraunhofer. Físico y astrónomo alemán, descubrió las líneas de absorción en el espectro de la luz solar lo que dio inicio a una nueva área de estudio, la espectrografía, que más tarde ayudaría a determinar la composición de los objetos del espacio profundo.



Línea de tiempo

1857-1894

1874-1937

Período marcado por conflictos internacionales en el viejo mundo, desembocando en la Primera Guerra Mundial. Aquello estimuló el desarrollo de las telecomunicaciones con usos militares.

1872-1946

Heinrich Hertz. Físico alemán, fue el primero en demostrar la existencia de las ondas electromagnéticas, y el constructor del primer aparato capaz de producir ondas de radio.

Guglielmo Marconi. Ingeniero eléctrico italiano, desarrolló un sistema de telegrafía sin hilos mediante ondas electromagnéticas, que dio pie a una revolución en el mundo de las comunicaciones. Fue quien desarrolló comercialmente la radio.

Paul Langevin. Físico francés, estudió las aplicaciones del ultrasonido y en 1917 construye el primer sonar de corto alcance, pero que sentaría las bases de la detección submarina.

¿Cuánto avancé?

Regresa a las páginas 92 y 93 y vuelve a realizar la evaluación diagnóstica. ¿Cómo fueron tus logros en relación a la evaluación anterior?

Comprendo

Resuelve las siguientes preguntas:

1. Es peligroso asolearse los días muy despejados, pero también se puede insolar una persona que está en la playa un día nublado. Infórmate y explica el motivo de ese hecho y, además, averigua las diferencias entre un filtro solar y un bronceador.

2. Una pantalla solar es un producto en crema que se esparce sobre la piel para protegerla de la exposición a cierto tipo de radiación solar. ¿Qué radiación es esta?

   a. Visible.
   b. Rayos X.
   c. Infrarroja.
   d. Ultravioleta.
   e. Microondas.

   (Adaptada de TIMMS, 1998).

3. ¿Qué características físicas tiene el cristalino del ojo humano?, ¿qué ocurre cuando cambia su curvatura?

4. ¿En cuáles de las siguientes situaciones no se registran infrasonidos?
   a. En la comunicación de ballenas.
   b. En tornados.
   c. En la ecolocalización de los murciélagos.
   d. Al contraer los músculos.
   e. En la comunicación de elefantes.

5. Menciona las ventajas y desventajas del infrasonido y ultrasonido, en la detección de objetos a distancia.

6. ¿Cuál es la importancia de los transductores en la utilización del ultrasonido? Explica.

7. Describe la función de las principales partes del oído humano.

8. De las siguientes situaciones, ¿cuáles podrían producir daños en el aparato auditivo?

   I. La exposición a intensidades altas de ondas sonoras.
   II. Oír frecuencias elevadas.
   III. El mal funcionamiento de alguno de los componentes del oído.

   a. Solo I b. Solo II c. I y II d. I y III e. I, II y III

Analizo

1. **Se hace pasar luz por un prisma para producir dispersión cromática, pero se observan solamente franjas de dos colores. Una posible explicación es que:**

   a. sea luz solar previamente dispersada.
   b. sea luz solar y haya pasado por filtros.
   c. se trate de una fuente distinta a la luz del Sol.
   d. provenga de dos fuentes monocromáticas.
   e. todas las anteriores.

2. **Analiza las similitudes y diferencias entre una cámara fotográfica o de video y el ojo humano, desde el punto de vista óptico.**

3. **Analiza las similitudes y diferencias entre un micrófono y el oído humano.**

4. **A continuación se presenta una tabla, con la norma laboral para exposición a ruido continuo en lugares de trabajo.**

Nivel sonoro (dB)	Tiempo máximo de exposición
85	8 horas
90	4 horas
95	2 horas
100	1 horas
105	30 minutos
110	15 minutos
115	7,5 minutos

Observando la tabla contesta las siguientes preguntas.

a. Un estudiante suele escuchar música en su reproductor de MP3 camino a la escuela, con una intensidad que percibe como 93 dB. Si se demora 90 minutos solo en el viaje de ida, ¿qué podría ocurrir si mantiene esa rutina?

b. ¿Cuál es el nivel máximo al que se puede exponer constantemente una persona en su trabajo, con un horario normal?

c. Un obrero de la construcción que está expuesto a intensidades superiores a los 90 dB, ¿cuántas horas diarias podría trabajar?

Aplico

1. **De las siguientes afirmaciones, ¿cuál(es) es(son) correcta(s)?**

   I. Un rayo X porta mayor energía que el infrarrojo, pues tiene mayor frecuencia.
   II. La radiación infrarroja porta más energía que la luz visible, pues transporta la energía calórica.
   III. Todas las radiaciones portan la misma energía, pues viajan a la misma velocidad.

   a. Solo I
   b. I y II
   c. Solo III
   d. Ninguna.

2. **A partir de los datos presentados a continuación, realiza las siguientes actividades:**

Rango	Frecuencia	Longitud de onda	Energía
Ondas de radio		3 km – 3 cm	
Microondas		3 cm – 1 mm	
Radiación infrarroja		1 mm – 780 nm	
Luz visible		700 nm – 400 nm	
Radiación ultravioleta		400 nm – 10 nm	
Rayos X		10 nm – 1 pm	
Rayos gamma		menos de 1 pm	

   a. Copia la tabla en tu cuaderno, de manera que los valores de longitud de onda, estén expresados en unidades del Sistema Internacional.
   b. Calcula la frecuencia a partir de la relación $c = \lambda \cdot f$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío. Escribe los valores en la tabla.
   c. Calcula el rango de energía para cada tipo de radiación, considerando que $E = h \cdot f$, donde h es la constante de Planck. Escribe los valores en la tabla.
   d. ¿Cuáles de las magnitudes están en proporción directa?
   e. ¿Cuáles están en proporción inversa?
   f. ¿Qué tipo de ondas utilizarías si necesitaras hacer incidir una gran cantidad de energía en un cuerpo?

El proceso de la percepción (transductores)

Antecedentes

Tanto el ojo como el oído tienen un proceso en común, que es el de trasformar un determinado estímulo en un impulso eléctrico que llega hasta el cerebro. En el caso del ojo, se trata de células sensibles a la luz (fotorreceptores) y, en el caso del oído, de células sensibles a las ondas mecánicas (mecanorreceptores). Un transductor se podría definir como un aparato capaz de transformar un tipo de energía de entrada en otro tipo de salida.

1. Objetivo

El propósito de este proyecto es reproducir un tipo de transductor que cumpla con recibir, transformar y transmitir un impulso.

2. Planificación

Lo primero que tendrás que determinar es qué tipo de transformación quieres producir y transmitir, por ejemplo: pulso mecánico a calor, sonido a luz, luz a electricidad, etc., considerando que la señal de entrada tiene que transformarse en algún dispositivo por construir y luego viajar por algún conductor. Una vez que hayas escogido, te puedes guiar por las siguientes preguntas para realizar tu proyecto.

- ¿Con qué tipo de fuente vas a producir la señal de entrada?
- ¿Cómo se va a transmitir la señal hasta el transductor?
- ¿Qué materiales debes reunir para fabricar el transductor?
- ¿Qué utilizarás para transmitir la señal de salida?, ¿qué harás con esa señal?
- Realiza un esquema del proceso.
- ¿Necesitas de la ayuda de otras disciplinas o ramas de la Física para concretar tu proyecto?
- Realiza un informe donde se explique el funcionamiento del transductor concluido.

3. Ejecución

Si es necesario, reúnete con un par de compañeros y/o compañeras para conseguir los materiales y llevar a cabo la experiencia. Registra el procedimiento paso por paso, explicando los puntos en que encontraron una mayor dificultad.

4. Evaluación y análisis

Una vez finalizado el proyecto, analiza si se cumplió con los objetivos trazados. Sería útil que conocieras los proyectos realizados por otros estudiantes, con el fin de comparar el nivel de logro alcanzado y las coincidencias y/o diferencias en la metodología de trabajo.

5. Proyección

En función del artefacto construido, piensa en alguna aplicación que pudiera tener en una situación cotidiana, o bien, plantea algún problema que se pueda resolver mediante un transductor y esboza de qué manera se podría construir.

Unidad

4 Fuerza y movimiento

Hace varios siglos se pensaba que la Tierra permanecía inmóvil en el Universo y que el Sol y todas las estrellas se movían en torno a ella. Después de muchas observaciones se estableció que la Tierra orbitaba en torno al Sol. Muchos años más tarde, en 1920, el astrónomo estadounidense Edwin Hubble, apoyándose en observaciones hechas con telescopios, pudo afirmar que todas las galaxias se están moviendo, alejándose unas respecto de otras. ¿Cómo podemos afirmar que algo se encuentra en movimiento o en reposo? ¿Existirá el reposo absoluto? En el transcurso de la siguiente unidad trataremos de dar respuesta a esta y otras preguntas que puedan ir surgiendo.

Aprenderás a:

- Distinguir entre marco de referencia y sistema de coordenadas.
- Describir un movimiento a partir de un marco de referencia.
- Aplicar, en ciertas situaciones, la adición de velocidades de distintos cuerpos para comprobar la relatividad del movimiento.
- Reconocer las principales características de una fuerza de restitución.
- Comprender que la ley de Hooke fundamenta la construcción y calibración de los dinamómetros.
- Analizar e interpretar datos que relacionan dos variables utilizando correlación simple.

Actividad inicial

En estas páginas se presentan una serie de fotografías. Reúnete con un grupo de cuatro compañeras y/o compañeros a trabajar en torno a las siguientes actividades:

1. ¿Qué objetos de las imágenes parecen estar en reposo?, ¿cuáles crees que están en movimiento?
2. ¿Cómo podrías describir el movimiento de dichos cuerpos?
3. Al mirar el Sol, ¿podrías afirmar que se encuentra detenido?
4. Cuando el bote cruza el río (de la forma que muestra la fotografía), ¿crees que puede seguir la distancia más corta entre las dos orillas?
5. ¿Qué elemento o elementos encuentras que son comunes para todas las imágenes?

Responde en tu cuaderno

1. Escribe en tu cuaderno las variables asociadas al concepto de velocidad.

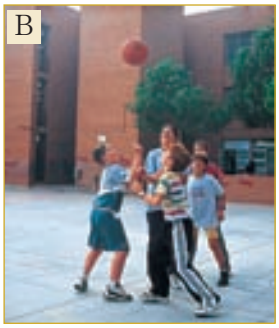
A	B	C	D
masa	tiempo	posición	distancia

2. ¿Cuál de las siguientes explicaciones crees que es la más adecuada para afirmar que la Tierra se mueve?

A

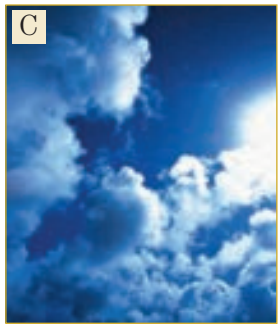
El viento y las mareas son una prueba de que la Tierra se mueve.

B



Al dejar caer un cuerpo desde un determinado lugar, este debería caer en otro punto.

C



La observación del movimiento aparente del Sol es prueba de que la Tierra se mueve.

D

La observación del movimiento aparente de varios cuerpos celestes, estrellas y planetas es prueba de que la Tierra se mueve.

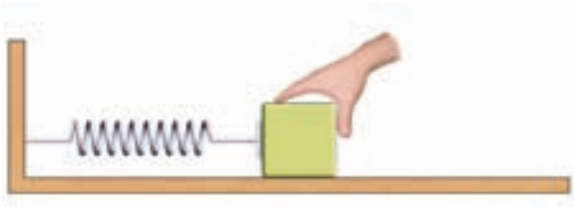
3. Relaciona cada palabra clave a un tipo particular de fuerza. Anota las asociaciones en tu cuaderno.

Palabra claves	Fuerzas
1. Movimiento.	A. Peso.
2. Electrón.	B. Fuerza magnética.
3. Gravedad.	C. Roce.
4. Atleta.	D. Fuerza eléctrica.
5. Imán.	E. Fuerza muscular.

4. Responde las siguientes preguntas:

a. ¿Qué crees que origina el o los cambios en el movimiento de un cuerpo?
b. ¿Qué entiendes por velocidad?

5. Observa las siguientes imágenes y dibuja en tu cuaderno las flechas que representen las fuerzas que creas que actúan en cada caso.



6. Piensa en la siguiente situación: te encuentras al interior de una nave espacial y de pronto ves pasar a alta velocidad otra nave espacial cerca de la tuya.

¿Cuál de las siguientes explicaciones a lo que observaste es más probable?

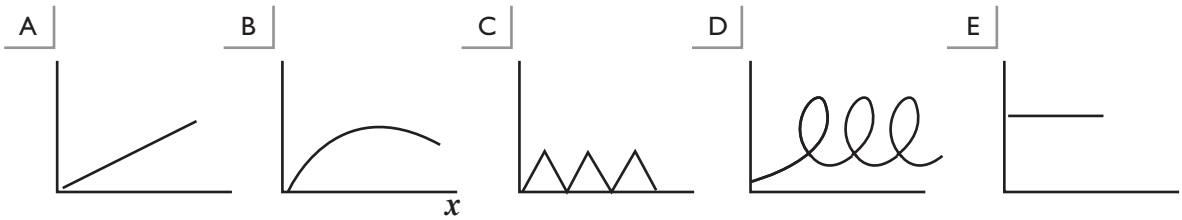
A. Tu nave se encontraba detenida mientras que la otra viajaba a alta velocidad.

B. La otra nave se encontraba detenida y era tu nave la que se movía a alta velocidad.

C. Las dos naves se movían a alta velocidad.

D. Mientras no se disponga de más información no se puede afirmar nada.

7. Sobre un tren que viaja con velocidad constante, un niño juega con una linterna subiendo y bajando su mano, perpendicular al piso. El dibujo que haría la luz de la linterna, observado por otro niño sentado al exterior del tren, se representa mejor por:



Lo que me gustaría saber

- Elabora en tu cuaderno un listado de preguntas acerca de los temas que trata esta unidad y que te gustaría responder durante su estudio.

Indagación: Sistema de coordenadas

¿Cómo determinarían la ubicación de su colegio dentro de la ciudad?

Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras y planteen, por ejemplo: cómo le indicarían a una persona ubicada en la plaza de armas, a otra en el terminal de buses y a otra en la estación de trenes, el lugar exacto de su colegio sin recurrir al nombre de las calles. Luego, formulen una posible respuesta a la pregunta inicial.

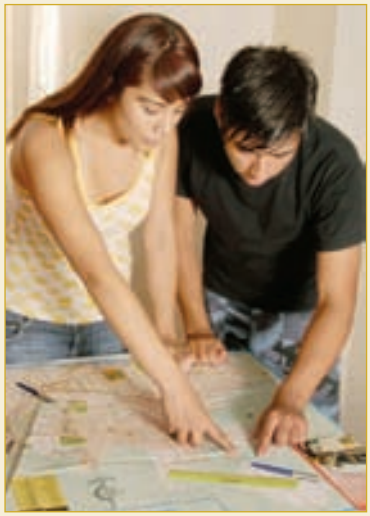
Materiales

Un mapa de tu ciudad, lápices o plumones de diferentes colores.

(De no disponer de un mapa exacto puedes simular uno en un dibujo)

Procedimiento

1. Identifiquen en el mapa, con un color distinto, a cada una de las personas ubicadas en los tres puntos.
2. Dibujen en el mapa con el color respectivo, el camino que debería seguir cada persona para llegar hasta el colegio.
3. Para cada una de las tres personas dibujen dos ejes, uno vertical y otro horizontal, procurando que coincidan con los puntos cardinales y que la persona quede ubicada en la intersección de estos.
4. Dividan los ejes en cuadras o kilómetros, de forma aproximada y tracen una línea desde la persona hasta su colegio.
5. Indiquen las coordenadas en las que se encuentra el colegio, con referencia a cada una de las personas.



Respondan las siguientes preguntas

1. ¿Cuál de las personas se encontraba a mayor distancia del colegio?
2. Si tu sala de clases se encontrara en altura, por ejemplo, en un tercer o cuarto piso, ¿cuántas coordenadas serían necesarias para determinar la posición de esta?
3. Desde un punto fijo hasta tu colegio, ¿cuántos pares diferentes de coordenadas se pueden dar para su ubicación?
4. ¿Cuántas posiciones relativas se pueden asumir respecto de un mismo lugar como el colegio?
5. ¿Verificaron su respuesta a la pregunta inicial?

1. Sistema de coordenadas

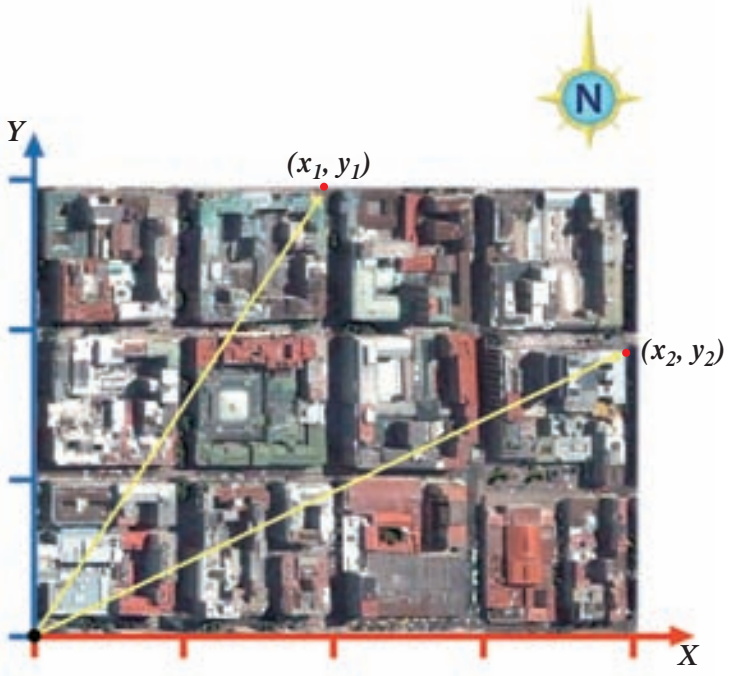
En la indagación anterior se hizo necesario establecer un sistema que permitiese entregar la posición exacta de un punto en la ciudad (colegio) a una persona ubicada en cualquier otro punto, sin que ella conociera la dirección. Para ello se tomó como referencia a la persona que se encontraba fija y se construyó una cuadrícula orientada según los puntos cardinales. A esta cuadrícula la denominaremos **sistema de coordenadas.** En general, diremos que un sistema de coordenadas es un conjunto de valores y puntos que permiten definir la posición de cualquier punto en el plano o en el espacio y que se construye sobre la base de ejes ortogonales (existen otros sistemas de coordenadas, pero utilizaremos el cartesiano por su simpleza).

Conceptos clave

Ortogonal: referido al sistema de coordenadas. Significa que entre cada par de ejes coordenados, se forma un ángulo de 90º.

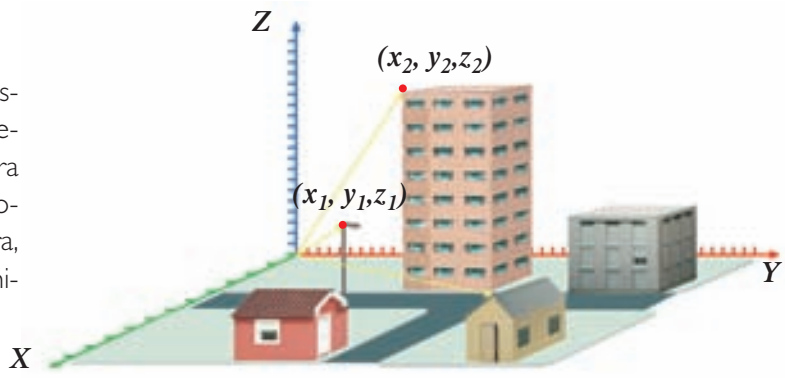
a. Sistema coordenado en el plano

Para establecer un sistema de coordenadas en el plano se requieren dos ejes: uno horizontal, llamado eje de la abscisas o eje (x), y otro vertical, llamado eje de las ordenadas o eje (y); por lo que un punto en el plano queda determinado por dos coordenadas (x, y)



b. Sistema coordenado en el espacio

Un sistema de coordenadas en el espacio requiere, aparte de las coordenadas (x) e (y), una tercera coordenada (z) que generalmente corresponde a la altura. De esta manera, un punto en el espacio queda determinado por tres coordenadas (x, y, z).



2. Marco de referencia

Inferir-analizar

Actividad 1

Situando un marco de referencia

Dos amigos se encuentran a las diez de la mañana en un almacén y acuerdan reunirse a las cuatro de la tarde en la oficina de uno de ellos. Al darle la indicación de la ubicación de la oficina, le dice que camine tres cuadras al norte, luego debe doblar dos cuadras al oeste, llegar al edificio que está exactamente en la esquina y subir hasta el sexto piso.

a. ¿Cuál fue el punto de referencia escogido por los dos amigos?
b. Si cada cuadra mide aproximadamente 100 m y cada piso mide 2,8 m de altura, ¿cuáles son las coordenadas en el espacio en las que acordaron reunirse desde el punto de referencia escogido?
c. ¿Qué importancia tiene la hora señalada, para que las dos personas se puedan encontrar?

Conceptos clave

En Física el concepto de observador se utiliza en la descripción del movimiento y se considera a este como el punto de referencia, además de suponer que se encuentra en reposo.

Inter@ctividad

En esta página encontrarás una completa descripción de los principales conceptos asociados a los sistemas de referencias y al movimiento relativo.
http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/fisica/Tema2a.html

En la situación presentada en la actividad anterior, para que los dos amigos se encuentren es necesario considerar tres factores:

- **punto de referencia:** punto a partir del cual se consideran las distancias.
- **sistema de ejes coordenados:** se sitúa en el punto de referencia y desde él se define la posición de cualquier objeto o lugar.
- **origen temporal:** corresponde al instante a partir del cual se mide el tiempo.

2.1 ¿Cómo sabemos que un cuerpo se mueve?

Observa con atención la siguiente ilustración:

Para describir el movimiento de un cuerpo, primero es necesario establecer un marco de referencia. En la ilustración, el papá (observador) se sitúa en el origen del sistema de ejes coordenados, si el punto de referencia se considera en reposo, el movimiento respecto a él se llama absoluto. El papá percibe el movimiento de su hijo debido a que la posición del triciclo varía, respecto de él en el transcurso del tiempo.

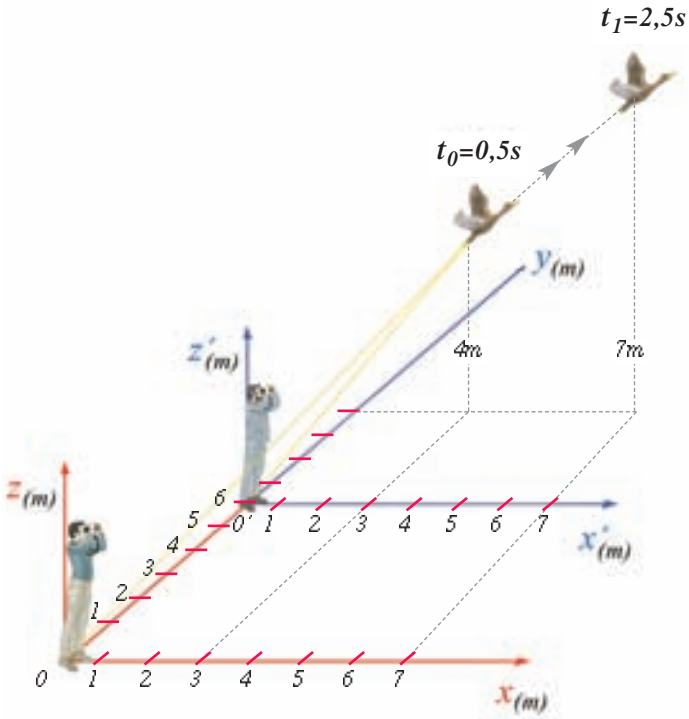
Inferir-analizar

Actividad 2

Describiendo el movimiento

En la siguiente ilustración se muestran dos marcos de referencia distintos, en los que están situados dos observadores. En un instante inicial, ambos ven a través de sus binoculares el vuelo de un ave. Observa con atención la ilustración y responde las preguntas.

a. ¿Cuál es la posición del observador O' respecto del observador O?
b. ¿Cuáles serían las coordenadas del observador O respecto del observador O'?
c. Determina las coordenadas del ave respecto de cada uno de los observadores en los instantes t_0 y t_1.
d. ¿Por qué ambos observadores pueden afirmar que entre los dos instantes el ave se movió?



Conexión con...
Arte

A fines de la Edad Media y comienzos del Renacimiento existió un notable desarrollo de las artes; en la pintura se introdujeron nuevas técnicas, entre ellas, la noción de la perspectiva. Al pintar un cuadro con perspectiva, de manera no explícita se crea un sistema de ejes coordenados del paisaje, lo que posibilita que establezcamos un marco de referencia situado en el punto de fuga del paisaje.

En esta pintura anónima de la Edad Media no se encuentra desarrollada la noción de la perspectiva ya que todos los personajes se encuentran en el mismo plano.

En esta pintura del Renacimiento *La escuela de Atenas*, de Rafael Sanzio, queda muy claro el notable desarrollo de la perspectiva.

3. La relatividad del movimiento

Inferir

Actividad 3

Dibujando movimientos relativos

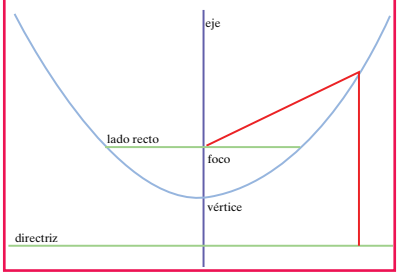
Desde lo alto del mástil de un barco que se mueve con velocidad constante se deja caer una piedra. ¿Cómo será el movimiento de la piedra según un observador situado en un punto de la cubierta del barco y según otro observador que se encuentra en un punto de la playa?

1. Dibuja la trayectoria del movimiento vista por cada uno de los observadores.
2. Para cada uno de los dibujos: ¿dónde situaste el marco de referencia?

Conceptos clave

Trayectoria: es el conjunto de todas las posiciones por las que pasa un cuerpo en su movimiento.

Parabólico: referente a la curva matemática de la familia de las cónicas.



Cuando se dejó caer la piedra desde el mástil del barco, un observador en la playa habría visto que el movimiento de la piedra era parabólico y no vertical. En cambio, el observador al interior del barco vería caer la piedra de forma vertical, como si estuviera en un sistema en reposo; es más, si el barco fuera un sistema aislado, el observador al interior de este tendría muy pocas posibilidades de saber si se encuentra en movimiento. Esto nos lleva a concluir que el movimiento es relativo con respecto al marco de referencia que escojamos. Por ello, cuando afirmamos que un cuerpo se mueve con respecto a otro que está en reposo, en realidad estamos hablando de un **movimiento relativo**, pues no existe ningún objeto conocido que esté en reposo absoluto. Podemos decir, entonces, que un cuerpo está en movimiento respecto de un marco de referencia y, a la vez, decir que está en reposo respecto de otro marco de referencia.

Para dejar más claro el concepto de movimiento relativo, considera la siguiente situación: un bus va hacia el norte por la carretera:

A

Un pasajero sentado en un asiento no se mueve respecto del bus; sí lo hace el otro pasajero que avanza por el pasillo hacia atrás moviéndose hacia el sur.

B

Un pasajero, al mirar por la ventana, ve un automóvil moviéndose hasta alcanzar el bus y luego lo sobrepasa, moviéndose hacia el norte.

C

Cuando el pasajero que iba sentado se baja, su punto de vista cambia y ve que, en el bus, todos los pasajeros, (aunque caminen hacia atrás por el pasillo) se mueven hacia el norte, al igual que el automóvil.

3.1 La relatividad de Galileo

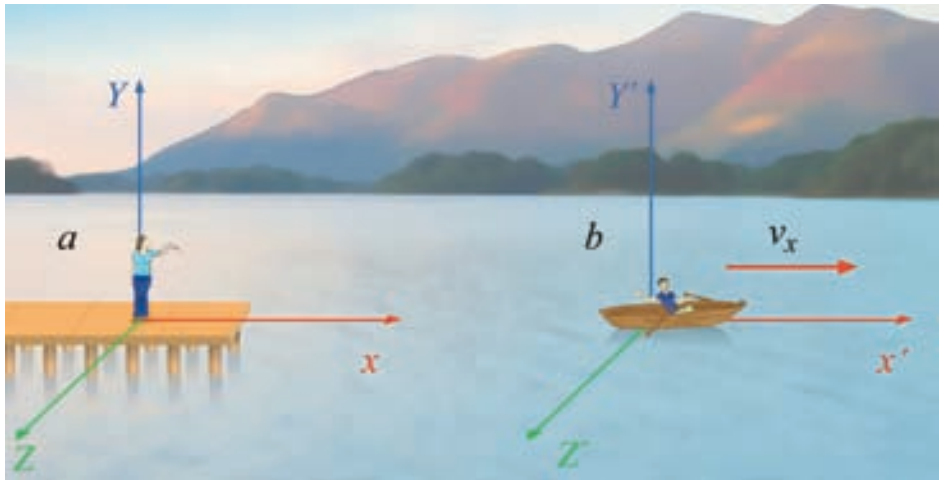
En la página anterior se describió la caída de una piedra desde el mástil de un barco, vista por dos observadores: uno situado en una playa cercana y otro situado dentro del barco. Este ejemplo fue el que utilizó el científico italiano **Galileo Galilei** (1564-1642) para ilustrar la idea de la relatividad del movimiento. Generalizando, se puede enunciar la siguiente conclusión obtenida por Galileo: **todo experimento que se realice en un recinto aislado que se mueve con rapidez constante y en línea recta, resultará igual al realizado en otro sistema que se encuentre en reposo.**

Para mediciones realizadas dentro de un laboratorio cerrado, la Tierra puede ser considerada de forma aproximada, un sistema inercial.

Este enunciado explica por qué un observador dentro del barco ve caer una piedra de forma vertical, al igual que una persona en tierra vería caer en forma vertical una manzana desde lo alto de un árbol. A todo marco de referencia que se mueve con velocidad constante se le llama **sistema inercial** y, en él, todas las leyes de la física se cumplen de la misma forma.

3.2 Transformaciones de Galileo

Analicemos la siguiente situación: desde un muelle zarpa un bote con movimiento rectilíneo y velocidad constante. Consideraremos un marco de referencia (a) a la persona que se quedó en el muelle y otro marco de referencia (b) o sistema inercial al bote que se mueve con velocidad constante V_x, a lo largo del eje (x).



Luego, las coordenadas del marco de referencia **b** respecto de **a** están dadas por las siguientes ecuaciones:

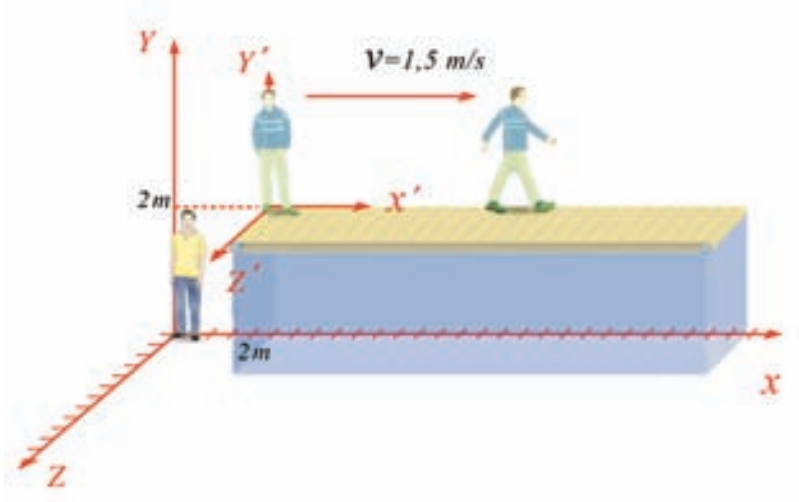
$$x = x' + V_x \cdot t$$
$$y = y'$$
$$z = z'$$
$$t = t' \qquad \text{(tiempo)}$$

Este conjunto de ecuaciones se conoce como las **transformaciones de Galileo.** Más adelante, el físico holandés, **Hendrik Lorentz** (1853-1928) trató de explicar las mismas ecuaciones pero suponiendo que la velocidad V_x fuera muy próxima a la velocidad de la luz. Las ecuaciones que obtuvo se conocen como las **transformaciones de Lorentz,** y su trabajo, junto al de Galileo, son los pilares de la **teoría de la relatividad** publicada por **Albert Einstein** en 1905.

Ejemplo resuelto 1

Movimiento relativo

Se tienen dos marcos de referencia: uno **O** situado en los pies de la primera persona y otro **O'** situado en los pies de la persona sobre la rampa. En el instante t = 0 s, la posición del marco **O'** respecto de **O** está representado en la figura. Si la persona sobre la rampa comienza a desplazarse a una velocidad de 1,5 m/s sobre el eje (x) y considerando que la rampa tiene 2 m de altura, ¿cuáles serán las coordenadas de **O'** respecto de **O**, luego de 3 s?



La posición del marco O' respecto de O en el instante t = 0 s está dada por:

$$\begin{cases} x' = 2\ m \\ y' = 2\ m \\ z' = 0 \end{cases}$$ ⇒ la posición inicial de un marco respecto del otro es: $(x', y', z') = (2\ m,\ 2\ m,\ 0)$

Como la persona situada sobre **O'** se mueve sobre el eje (x) con una velocidad de 1,5 m/s, las coordenadas del marco **O'** respecto de **O,** después de 3 s, está dado por:

$$(x\ ,\ y\ ,\ z) = (x(0) + V_x \cdot t\ ,\ y(0)\ ,\ z(0)) = (2\ m + 1{,}5\ m/s\ \cdot 3\ s\ ;\ 2\ m\ ;\ 0) = (6{,}5\ m\ ;\ 2m\ ;\ 0)$$

Luego, las coordenadas del marco de referencia **O'** respecto del marco **O,** después de 3 s, son: (6,5 m; 2 m; 0).

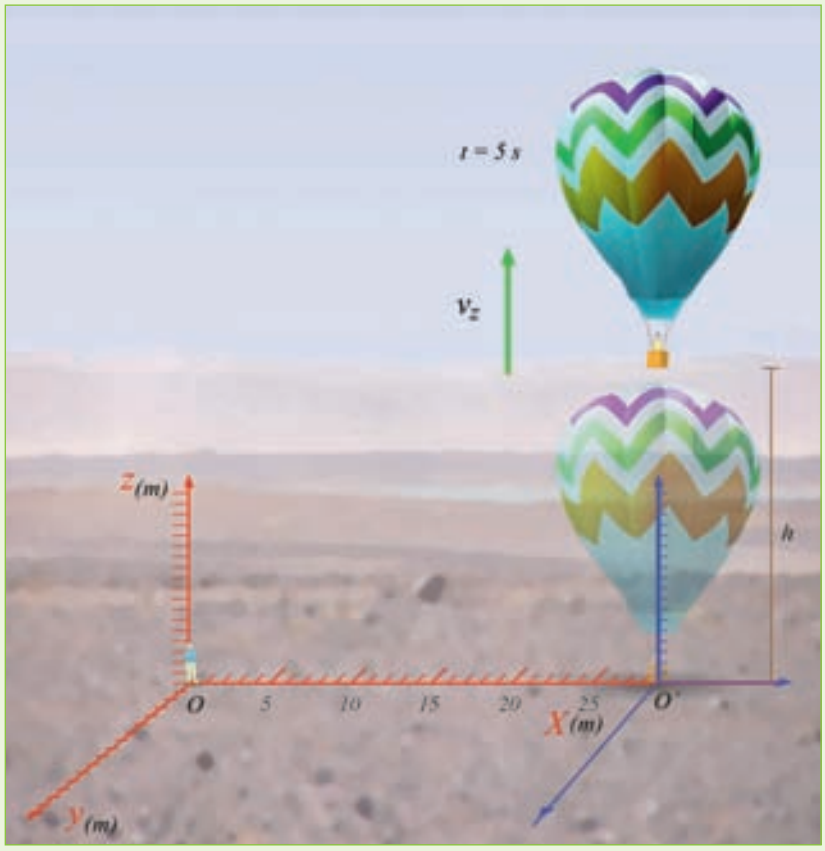
Para trabajar

Se tienen dos marcos de referencia: uno O situado sobre la persona y otro O' situado sobre el globo aerostático. La posición inicial en t = 0 s de un marco respecto del otro se muestra en la ilustración; luego el globo comienza a ascender en la dirección del eje (z) con velocidad constante de 2 m/s.

Determina:

a. Las coordenadas del marco O' respecto de O en el instante t = 0 s.

b. Las coordenadas del marco O' respecto de O en el instante t = 5 s.



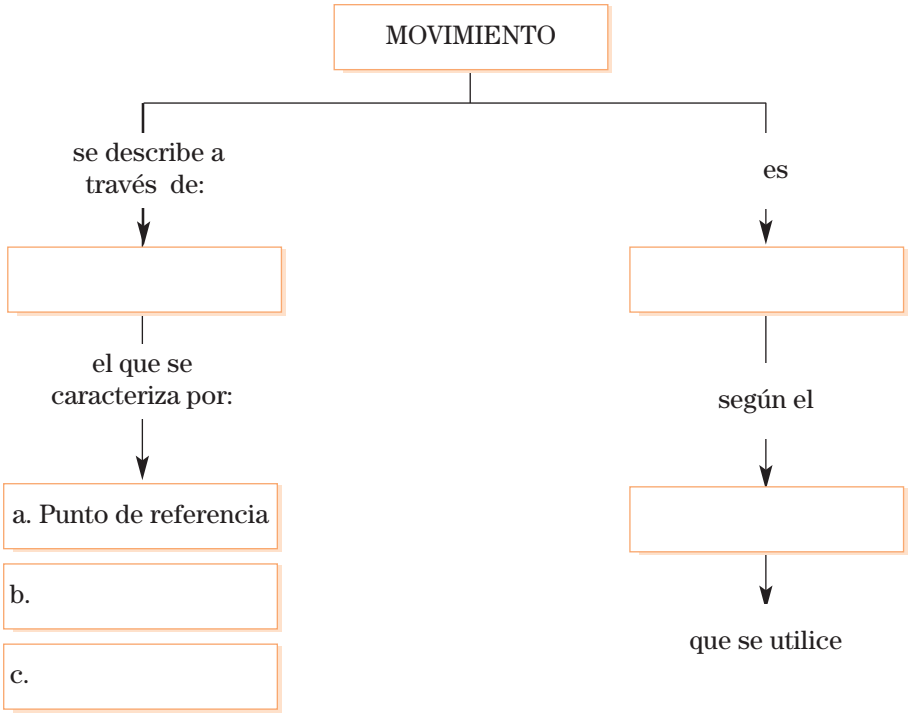
Conexión con... Tecnología

En la actualidad existe un dispositivo electrónico llamado **GPS** cuyas siglas en español significan **sistema de posicionamiento global**. Este dispositivo permite, para quien lo porta, conocer su posición exacta en la Tierra. Para que el sistema funcione se requiere de un mínimo de tres a cuatro satélites, los que envían continuamente señales al dispositivo GPS. El receptor es capaz de convertir la señal codificada que envían los satélites en valores de velocidad, posición y tiempo. Las componentes x, y, z de la posición y el tiempo se entregan como (x_i, y_i, z_i, t_i) donde las tres primeras coordenadas corresponden a la posición y la cuarta corresponde al tiempo. El subíndice i corresponde al satélite número i.

¿Cómo crees que las coordenadas entregadas por los satélites se pueden relacionar con un marco de referencia?

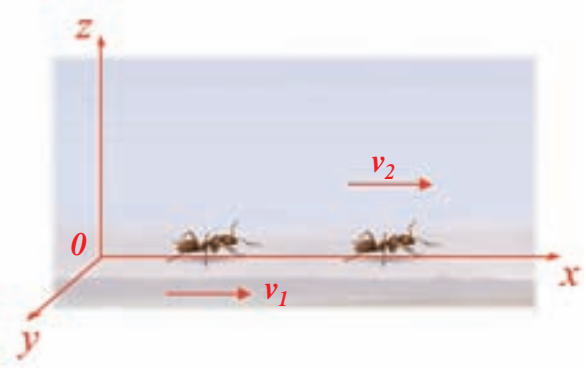
SÍNTESIS

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Dos hormigas salen simultáneamente desde el mismo punto y caminan en línea recta a lo largo del eje (x). La primera tiene una velocidad de 2 cm/s y la segunda de 4 cm/s. ¿Cuáles serán las coordenadas de la segunda hormiga respecto de la primera después de 4 s de haber partido?
2. ¿Existe el reposo absoluto? Explica.
3. ¿A qué se le llama sistema inercial?



ASÍ APRENDO MEJOR

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que más te costó aprender?
b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Investigación científica

Adición de velocidades

Observación :

Al subir caminando por una escalera mecánica experimentamos la sensación de que nos movemos con mayor velocidad, pero dicho fenómeno ¿es sólo una percepción o efectivamente nuestra velocidad aumenta debido al movimiento de la escalera mecánica? Algo similar ocurre al caminar al interior de un tren que viaja con velocidad constante, ¿a qué velocidad nos vería un observador fuera del tren?, ¿sería una velocidad menor, mayor o igual a la del tren?

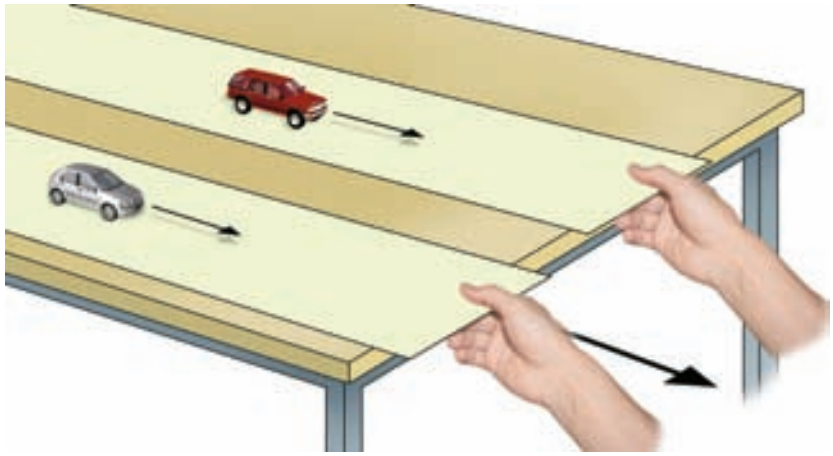
Reúnete en grupo de tres o cuatro integrantes y planteen una hipótesis respecto de lo que ocurre con las velocidades en los ejemplos anteriores. Para poner a prueba la hipótesis, les proponemos el siguiente experimento:

Materiales

- Dos autitos a pila o cuerda (cuyas velocidades sean iguales).
- Dos cintas de cartulina de 80 cm x 15 cm.

Procedimiento

1. Partiendo del mismo punto, hagan que los dos autitos se muevan en forma paralela sobre las dos cintas.
2. Repitan el procedimiento, pero ahora tomen el extremo de una de las cintas y muévanlo con velocidad constante.
3. Tomen el extremo de las dos cintas y traten de moverlas con velocidad constante mientras los autitos se mueven sobre ellas (ver figura).



Análisis

a. ¿Qué sucedió con las velocidades al mover una de las cintas?

b. ¿Qué sucedió con las velocidades al mover las dos cintas?

c. ¿Qué ocurriría si se moviese una de las cintas en el sentido contrario al movimiento del autito?

d. ¿Verificaron su hipótesis? Comenten.

4. Velocidad relativa

Para que las bicicletas puedan ir una junta a otra, la velocidad relativa entre ellas debe ser igual a cero.

Anteriormente dijimos que la descripción del movimiento depende del marco de referencia escogido, es decir, para un determinado marco de referencia un cuerpo puede moverse con cierta velocidad, pero para otro marco de referencia el mismo cuerpo puede permanecer en reposo. Entonces, ¿qué ocurre con las velocidades cuando existen marcos de referencias que se mueven con velocidades relativas?

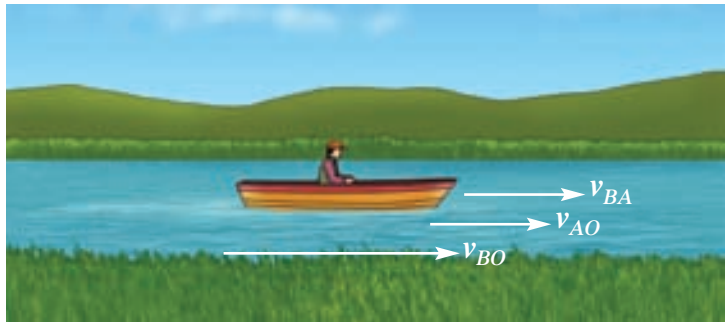
Por ejemplo, si se tiene un bote que se mueve con velocidad V_{BA} respecto al agua de un río, se observará lo siguiente:

- Si el agua del río está en reposo, es decir, la velocidad del agua respecto de la orilla (V_{AO}) es cero, un observador que se encuentra en la orilla del río verá que la velocidad del bote respecto al agua (V_{BA}) y respecto a la orilla (V_{BO}) es la misma. De acuerdo al observador de la orilla, se cumple:

$$V_{BO} = V_{BA} + V_{AO}$$

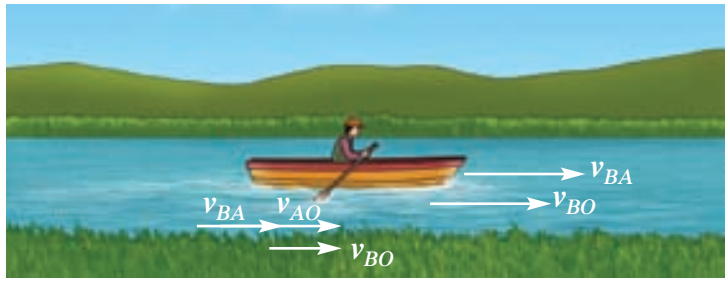
Como $V_{AO} = 0$, entonces

$$V_{BO} = V_{BA}$$



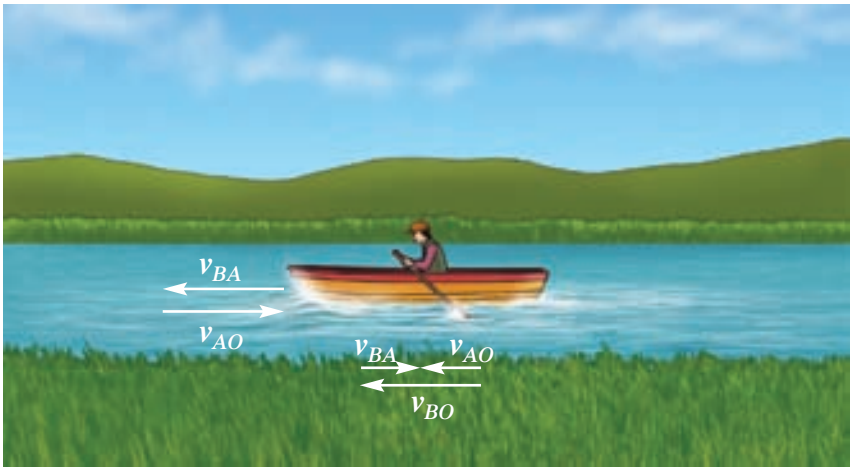
- Si el agua se mueve con cierta velocidad (V_{AO}) respecto a la orilla, y el bote se mueve con una velocidad (V_{BA}) respecto al agua y en el mismo sentido que esta, un observador que se encuentre en la orilla del río verá que la velocidad del bote (V_{BO}) respecto de la orilla es mayor, debido a que se suma la velocidad del bote con la velocidad de arrastre del río. Esta situación se representa a través de la siguiente expresión:

$$V_{BO} = V_{BA} + V_{AO}$$



- Sin embargo, si el bote se dirige en sentido contrario al movimiento del agua, el observador verá que la velocidad del bote es menor, ya que se resta la velocidad del bote a la velocidad de arrastre del agua. Esta situación se expresa según:

$$V_{BO} = -V_{BA} + V_{AO}$$



En síntesis, si nos movemos con cierta velocidad sobre un sistema que también se mueve respecto de un observador, nuestra velocidad en referencia a dicho observador será:

a. la adición de nuestra velocidad a la del sistema, si el sentido de dichas velocidades es el mismo.

b. la sustracción entre nuestra velocidad a la del sistema, si el sentido de dichas velocidades es distinto.

Inter@ctividad

Visita las siguientes direcciones:
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/relativo/relativo.htm
http://www.educaplus.org/movi/2_8movrelativo.html

En la primera encontrarás una animación al final de la página que muestra el movimiento relativo que efectúa un bote al cruzar un río. Obsérvala y luego analiza cómo influye la dirección de las velocidades en el movimiento resultante del bote.

En la segunda encontrarás un *applet* en el que puedes seleccionar cuatro marcos de referencia y observar las velocidades y los desplazamientos que se producen con respecto a cada uno de ellos. El marco tiene una carretera por la que circula un coche y un río por el que navega un barco.

4.1 Dirección resultante para una velocidad relativa

Inferir-analizar

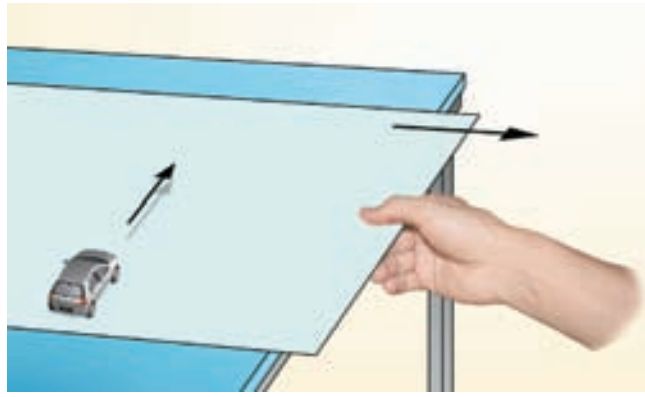
Actividad 4

Cruzando un río

En esta actividad simularás el cruce de un río por un bote. Reúnete con dos o tres estudiantes, necesitarás los mismos materiales de la investigación científica de la página 133.

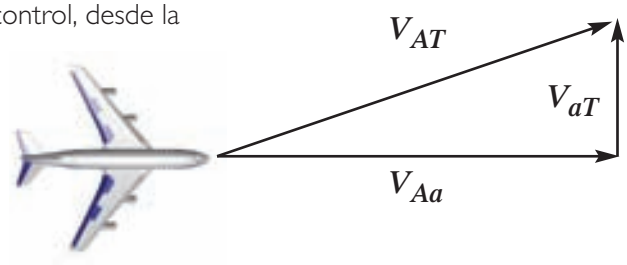
1. Preparen el autito para que cruce de forma vertical la cartulina, utilicen un marcador para indicar el punto de partida (realicen la marca sobre la mesa).
2. Al momento de hacer partir el autito alguien debe mover la cartulina como se ve en la ilustración.
3. Marquen sobre la mesa el punto donde el autito llega.

   a. ¿Cómo fue el movimiento del autito respecto de la primera marca?
   b. Realicen un dibujo de la trayectoria.
   c. ¿Cómo sería el movimiento del autito si la cartulina no se moviera?



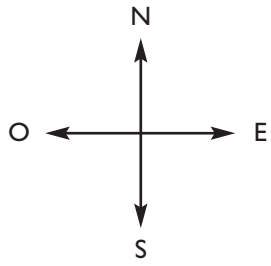
En la actividad anterior resultó que el movimiento del autito respecto de la marca realizada fue oblicuo, esto debido a la composición de dos movimientos perpendiculares: el movimiento del autito y el movimiento de la cartulina. Podemos formalizar esta situación a través del siguiente ejemplo:

Un avión se mueve hacia el este respecto de la torre de control, desde la que se le indica al avión que el viento sopla en ese instante hacia el norte. ¿Cuál es la velocidad resultante del avión con respecto a la torre de control?



Marco de referencia 1:
velocidad del avión con respecto al aire, V_{Aa}

Marco de referencia 2:
velocidad del avión con respecto a la Tierra: V_{AT}
velocidad del aire con respecto a la Tierra: V_{aT}



La velocidad V_{AT} resulta ser la hipotenusa del triángulo rectángulo formado por las direcciones de V_{AT} las velocidades. Luego, el módulo de la velocidad, según el teorema de Pitágoras,

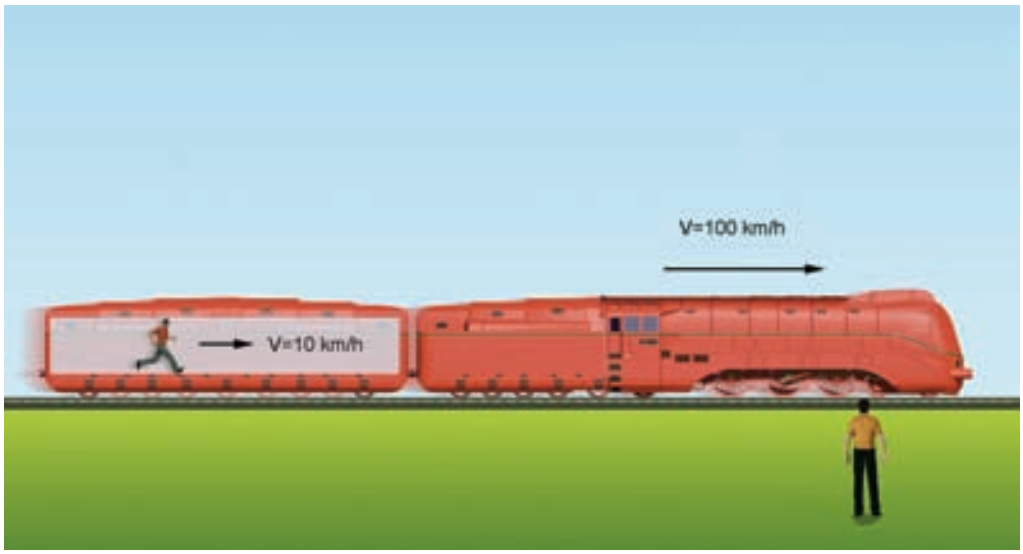
$$V_{AT} = \sqrt{V_{Aa}^2 + V_{aT}^2}$$

Ejemplo resuelto 2

Relatividad del movimiento

Un tren viaja por un camino recto con una velocidad constante de 100 km/h. Al interior del tren, un pasajero corre por el pasillo en el mismo sentido del tren con velocidad constante de 10 km/h; fuera del tren, una persona se encuentra sentada mirando.

Determinemos la velocidad de la persona dentro del tren respecto del mismo tren.



Si consideramos el tren como marco de referencia, suponemos entonces que el tren se encuentra en reposo para la persona que corre dentro de él. Luego, su velocidad con respecto del tren es:

$$V_{PT} = 10\frac{km}{h}$$

Ahora, si queremos determinar la velocidad de la persona que corre dentro del tren respecto de la persona que observa fuera, consideramos como marco de referencia al observador fuera del tren. Luego, él observará que la velocidad de la persona está dada por su propia velocidad adicionada a la velocidad del tren, así:

$$\begin{aligned} V_{PO} &= V_{TO} + V_{PT} \\ &= 100\frac{km}{h} + 10\frac{km}{h} \\ &= 110\frac{km}{h} \end{aligned}$$

Por lo tanto, la velocidad de la persona que camina dentro del tren respecto del tren es de 10 km/h, y respecto de un observador fuera del tren es de 110 km/h.

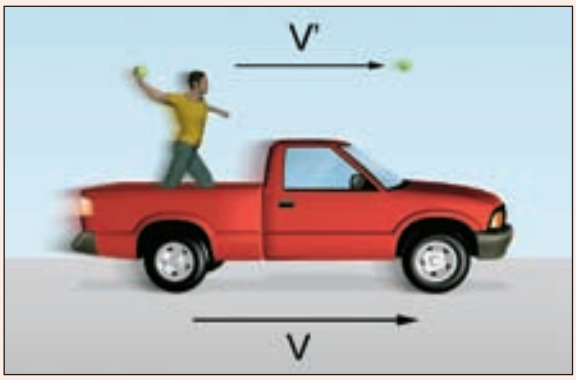
Ciencia-Tecnología-Sociedad

La velocidad de la luz y la relatividad de Einstein

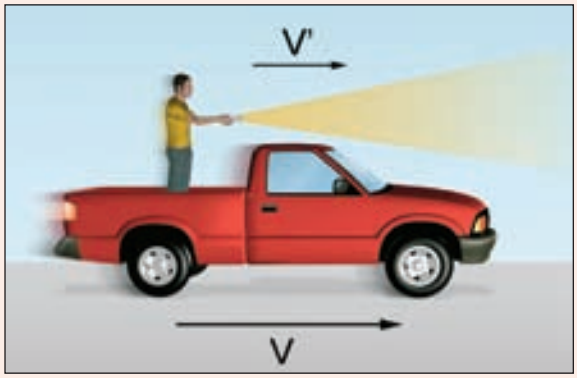
En el año 1849, el físico francés Hippolyte Fizeau determinó experimentalmente un valor aproximado de la velocidad de la luz. Este valor fue de 313.000 km/s. Años después, se determinó con técnicas más precisas que la luz viajaba a una velocidad de 299.792,5 km/s.

A comienzos del siglo XX, Albert Einstein publica su teoría de la relatividad en la que la velocidad de la luz tiene un papel fundamental. Uno de los postulados que asume esta teoría es que la velocidad de la luz es una constante universal, esto es, ningún objeto en el Universo se mueve más rápido que la luz.

Según la mecánica clásica, la velocidad de la pelota respecto de un observador en tierra es igual a la suma de la velocidad del carro y la velocidad de la pelota.



Según la teoría de la relatividad de Einstein, la velocidad de la luz proveniente de la linterna respecto de un observador en tierra, no es igual a la suma de la velocidad del carro y la velocidad de la luz de la linterna, ya que al ser esta velocidad constante, es independiente de la velocidad de la fuente que la emite.



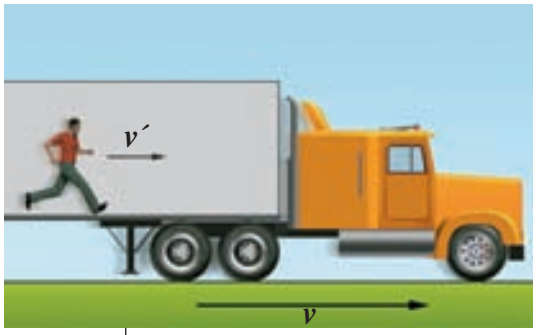
La teoría de la relatividad representa una de las más grandes revoluciones en el pensamiento científico y sus implicancias han permitido el desarrollo de la Física moderna; áreas como la cosmología, la astronomía y la mecánica cuántica deben su desarrollo a la teoría de la relatividad.

Respecto de la lectura, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Crees que la velocidad de la luz sea realmente la velocidad límite en el Universo?
2. ¿Te parece lógico lo expuesto en el ejemplo del carrito y la linterna?
3. ¿Qué crees que es una teoría en ciencia?, ¿cuál crees que es su importancia?

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



La velocidad relativa al observador se calcula como:

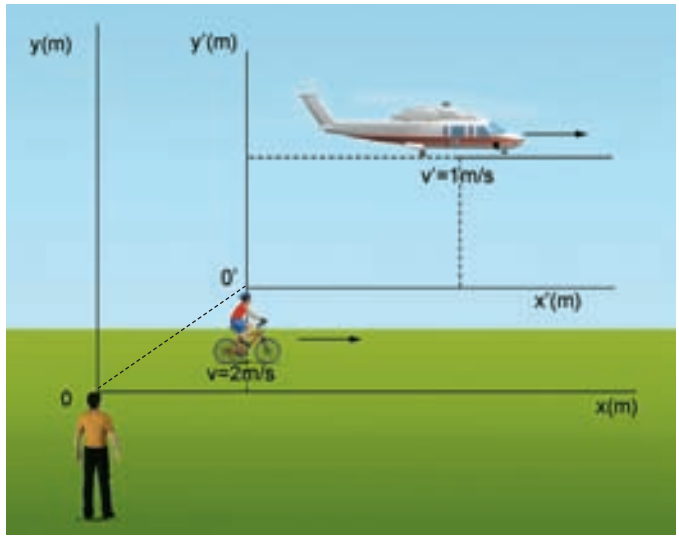
V_{ob} =

La velocidad relativa al observador se calcula como:

V_{ob} =

Evaluación de proceso

1. Sobre un barco que se mueve en forma rectilínea y con velocidad constante de 8 km/h, camina una persona en sentido contrario a este y a una velocidad de 3 km/h. ¿A qué velocidad verá un observador sentado en una playa cercana a la persona que camina sobre la cubierta del barco?
2. La figura muestra dos marcos de referencia en un instante inicial t=0, donde V es la velocidad del ciclista respecto del observador O, y V' es la velocidad del helicóptero respecto de O'. Determina la velocidad del helicóptero respecto de O.



Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que más te costó aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Indagación: Midiendo fuerzas

¿Es posible medir una fuerza utilizando materiales elásticos?

Como seguramente sabes, el concepto de fuerza tiene muchas manifestaciones en la naturaleza, pero, ¿cómo podríamos medirlas?, es decir, asignar un valor numérico que guarde relación con la magnitud de fuerza que se quiere medir. Formen grupos de tres o cuatro integrantes y planteen una posible respuesta a la pregunta inicial.

A continuación les proponemos la siguiente experiencia:

Materiales

- Elásticos.
- Resortes.
- Objetos de masa distinta.

Procedimiento

1. Fijen uno de los extremos del elástico y sobre el extremo libre apliquen fuerzas de distinta intensidad.
2. Repitan el procedimiento con el resorte.
3. Ahora sostengan uno de los extremos del elástico y en el extremo libre cuelguen las masas distintas.
4. Repitan el procedimiento con el resorte.

Análisis

a. ¿Qué sucede con la elongación del elástico o resorte al aplicar sobre él una fuerza?

b. ¿Qué relación pueden establecer entre la variable fuerza y la variable elongación?

c. ¿Qué propiedad física posee el elástico o el resorte que les permite bajo la acción de una fuerza cambiar de forma y, en ausencia de esta, recuperar su forma original?

d. ¿Qué fuerza es la que actúa cuando la masa se suspende del elástico y/o del resorte?

e. ¿Se podría asignar un valor numérico que relacionara fuerza y elongación?

f. Con todos los antecedentes que tienen ahora, ¿es posible medir la fuerza utilizando materiales elásticos?

5. Fuerzas restauradoras

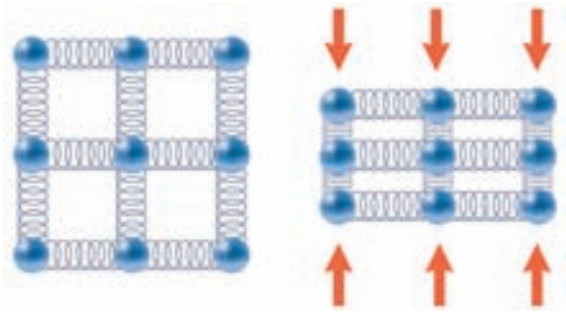
En la indagación anterior pudimos observar que es posible medir la fuerza utilizando materiales con características elásticas. Al aplicar una fuerza externa sobre un material elástico, este opone una fuerza igual y contraria al sentido de la deformación. A esta fuerza contraria y que depende de la elasticidad del material la llamaremos **fuerza restauradora,** ya que tiende a restaurar la forma del objeto o material deformado.

Ten presente que:

- Recuerda que la fuerza es una magnitud vectorial, esto significa que no solo importa su valor numérico, sino que también la dirección y el sentido en la que actúa dicha fuerza. La fuerza en el SI se mide en N (newton).

5.1 ¿Qué características tienen los materiales elásticos?

Todo material elástico al ser sometido a una fuerza externa tiene la propiedad macroscópica de cambiar su forma y en ausencia de dicha fuerza puede volver a su forma original. ¿Qué ocurre microscópicamente en un material elástico? Un material se considera microscópicamente elástico si entre sus moléculas existe un mayor número de enlaces, esto le permite al material tener la propiedad de recuperar su forma gracias a la fuerza provista por el número de enlaces. Esta fuerza entre las moléculas también es una fuerza restauradora.



Una forma de representar los enlaces entre moléculas de un material elástico es a través de resortes, ya que ellos tienen la propiedad de estirarse en presencia de una fuerza externa y de recuperar su forma en ausencia de ella.

Existen materiales, como los metales, cuya propiedad elástica es muy baja, pero, que al variar su geometría pueden adquirir propiedades elásticas. Si un filamento metálico se enrolla en forma de espiral (resorte), se consigue que adquiera propiedades macroscópicamente elásticas. Esta propiedad elástica que tienen los resortes se manifiesta bajo la acción de fuerzas cuya dirección es opuesta al sentido de la elongación. Existen resortes de:

a. tracción: la fuerza restauradora se manifiesta al aumentar el tamaño del resorte.
b. compresión: la fuerza restauradora se manifiesta al disminuir el tamaño del resorte.

Algunos polímeros tienen propiedades elásticas debido a que llegan a tener hasta tres enlaces entre sus moléculas.

Investigación científica

Fuerzas sobre un resorte

Observación y planteamiento del problema:

Al estirar un resorte, su longitud varía en relación a la fuerza que se le aplica. Debes considerar que entre un resorte y otro hay diferencias, como pueden ser: el número de espiras, el material con que está construido, la fuerza necesaria para producir deformación, etc. Pero ¿qué tipo de relación existe entre la fuerza que se aplica sobre un resorte y la elongación de este?

Hipótesis:

La fuerza que actúa sobre un resorte es directamente proporcional a su elongación.
Para poner a prueba la hipótesis reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y realicen el siguiente experimento.

Materiales

- Dos resortes de expansión distintos.
- Regla.
- 5 masas graduadas en gramos.

Procedimiento

1. Usando la regla midan la longitud del resorte y registren su valor.
2. Cuelguen el resorte de un extremo a un soporte universal o al borde de una mesa.
3. Sobre el extremo libre del resorte cuelguen cada una de las masas.
4. Midan con la regla la longitud del resorte para cada una de las masas y registren los valores.
5. Repitan el procedimiento para el segundo resorte.

Investigación científica

6. Copien en sus cuadernos la siguiente tabla, registren en ella los valores obtenidos.

Resorte 1: masa vs. elongación		
	Masa en g	Elongación en cm $(X_i - X_0)$
1		
2		
3		
4		
5		

(X_0 es la longitud original del resorte y X_i es la longitud total del resorte sometido a cada una de las masas).

7. Copien y completen la misma tabla en sus cuadernos, pero ahora con los datos obtenidos del segundo resorte.
8. Realicen un gráfico para cada uno de los resortes, de la masa vs. la elongación.

Análisis

a. ¿Observaron diferencias entre los resortes? y de ser así, ¿a qué creen que se deben?
b. ¿Qué fuerza se relaciona a cada una de las masas suspendidas?
c. ¿Qué tipo de gráfico resultó el de la masa vs. la elongación?
d. ¿Son similares los dos gráficos?
e. ¿Qué diferencias encuentran entre ellos?
f. De haber diferencia, ¿a qué creen que se deba?
g. ¿Cómo es la relación entre fuerza y la elongación?
h. ¿Se verificó la hipótesis?

Ten presente que:

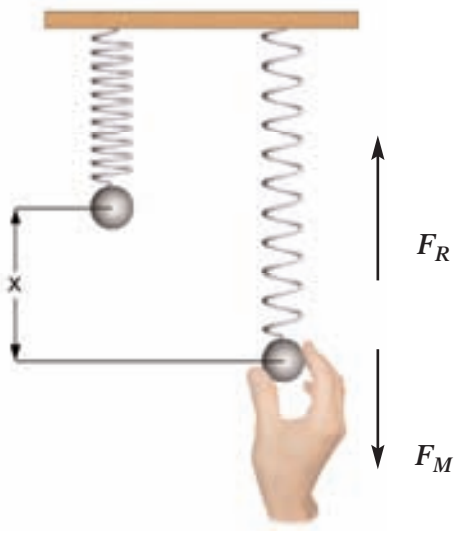
- En Física no todos los modelos que representan algún fenómeno, adquieren la categoría de ley. Un modelo es una ley cuando es capaz de describir cualitativamente, y a través de la relación entre variables, un fenómeno de la naturaleza. El modelo es una representación aproximada de la ley. Así por ejemplo, el modelo matemático que representa la ley de Hooke es válido solo en el rango de elasticidad del material. Una teoría, en cambio, relaciona varias leyes y/o principios, con la finalidad de explicar un conjunto de fenómenos observables.

6. Ley de Hooke

En la investigación anterior observamos que la fuerza que actúa sobre un resorte es directamente proporcional a la elongación que produce para un mismo material.

El físico Inglés **Robert Hooke** (1635-1703), publicó en 1678 un estudio en el que llegó a una conclusión muy similar a la que obtuvimos en nuestra investigación científica, Hooke no solo concluyó que la fuerza aplicada sobre el resorte era directamente proporcional a la elongación, sino que modeló matemáticamente esta situación.

Para alargar o comprimir un resorte una cierta longitud $\boldsymbol{x}$, desde su largo original, es necesario que la mano (ver dibujo) aplique una fuerza $\boldsymbol{F_M}$ sobre el resorte.



Como esta fuerza es directamente proporcional a la longitud $\boldsymbol{x}$, ella se puede expresar:

$$F_M = k \bullet x$$

Donde $\boldsymbol{k}$ es la constante de proporcionalidad y físicamente representa la **constante de elasticidad del resorte** y en el SI se mide en N/m.

El resorte, a su vez, ejerce una fuerza restauradora $\boldsymbol{F_R}$ para regresar a su largo original, fuerza ejercida en dirección opuesta al desplazamiento $\boldsymbol{x}$, y que se expresa como:

$$F_R = -k \bullet x$$

El signo menos de $\boldsymbol{F_R}$ indica que es opuesta a $\boldsymbol{F_M}$, esta ecuación es conocida como la **ley de Hooke.** Es importante señalar que esta ley se cumple para elongaciones dentro del límite de elasticidad del resorte. Para fuerzas muy grandes que se aplican sobre un resorte, este pierde la propiedad de recuperar su forma original; en tal caso, la relación deja de ser directamente proporcional.

Inter@ctividad

En la siguiente página encontrarás un laboratorio virtual, en el que se puede calcular el valor de la constante elástica de un resorte usando diferentes masas.
http://www.educaplus.org/play-119-Ley-de-Hooke.html

6.1 Aplicaciones de la ley de Hooke

Los **dinamómetros** son instrumentos para medir fuerza y cuya construcción se fundamenta en la ley de Hooke. Al estar construido en base a un resorte, ya sea de compresión o expansión, la elongación del resorte se relaciona directamente con la fuerza que se quiere medir.

Conceptos clave

El peso corresponde a la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos y su valor se obtiene de multiplicar la masa del cuerpo y la aceleración de gravedad g, que toma el valor aproximado de $9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$, cuando el cuerpo está sobre la Tierra.

Dinamómetro

Resorte de compresión

Otras aplicaciones indirectas de la ley de Hooke pueden ser observadas en todos los mecanismos que poseen resortes; como relojes analógicos, ellos poseen generalmente **resortes de torsión,** los que tienen forma de espiral, pero cumplen de igual forma con la ley de Hooke. En la suspensión de los automóviles se utilizan resortes de compresión los que tienen una constante elástica muy alta haciendo también que el valor de la fuerza restauradora sea grande ya que esta se opone al peso del automóvil.

Inferir-analizar

Actividad 5

Construyendo un dinamómetro

Para esta actividad necesitarás los siguientes materiales: un resorte, un rectángulo de madera de dimensiones mayores al resorte, siete masas graduadas, papel milimetrado, un clavo pequeño y pegamento.

1. Pega sobre el rectángulo de madera el papel milimetrado.
2. En un extremo de madera pon el clavo y coloca el resorte en él.
3. Cuelga cada una de las masas del resorte marcando cada vez sobre el papel la elongación obtenida.
4. Si la masa se encuentra en gramos, transfórmala a kg y multiplícala por 9,8 para obtener la fuerza peso medida en N. Registra el valor de dicha fuerza en cada una de las marcas respectivamente.
   a. ¿Cómo registrarás en tu dinamómetro los valores intermedios?
   b. Explica cómo se está aplicando la ley de Hooke en este instrumento.

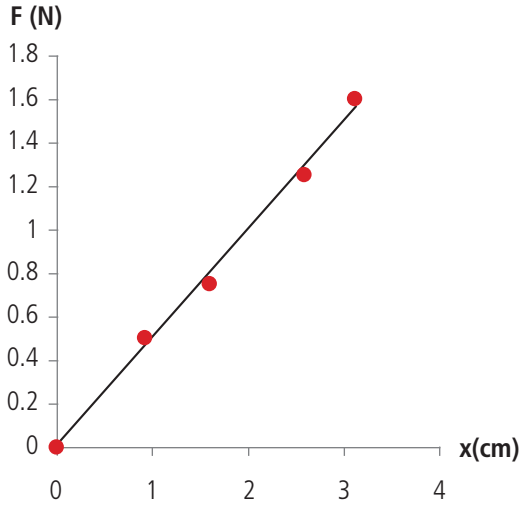
Ejemplo resuelto 3

Analizando un experimento

Los datos obtenidos en un experimento en donde se midió fuerza aplicada sobre un resorte vs. la elongación están registrados en la siguiente tabla ¿qué elongación se producirá sobre este resorte cuando se aplica una fuerza de 4,6 N?

Si graficamos los puntos y trazamos la mejor recta (aquella que equidista de la mayor cantidad de puntos) obtenemos:

Fuerza en N	Elongación (x) en cm
0	0
0,5	0,93
0,75	1,61
1,25	2,59
1,6	3,12



Como la ley de Hooke nos dice que la fuerza es directamente proporcional a la elongación $\boldsymbol{F = k \bullet x}$, la pendiente de la recta en el gráfico corresponde al valor de $\boldsymbol{k}$.

Importante: La ley de Hooke sólo es válida en el rango de elasticidad del material.

- La pendiente de una recta se calcula como; $k = \dfrac{y - y_0}{x - x_0}$, para determinar su valor numérico, debemos escoger un par de puntos pertenecientes a la mejor recta. Uno de ellos puede ser $(x_0 , y_0) = (0 , 0)$, al ser el más simple. El otro par lo podemos conseguir al hacer la proyección sobre la recta de $x = 2$ (por ejemplo), así obtenemos $y = 0,99$ (aproximadamente), luego $(x , y) = (2 , 0,99)$. Reemplazando los pares de puntos en la pendiente, obtenemos:

$$k = \frac{0,99 - 0}{2 - 0} = \frac{0,99}{2} \approx 0,5 \ \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

- De la ecuación $F = k \cdot x$ al despejar x, obtenemos: $x = \dfrac{F}{k}$

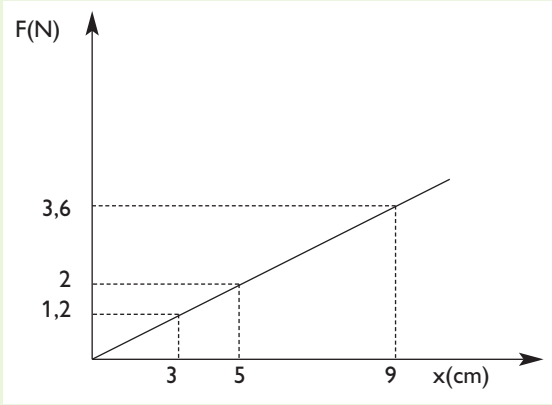
- Remplazando los valores de $F = 4,6 \text{ N}$ y $k = 0,5 \text{ N/cm}$

$$x = \frac{4,6 \text{ N}}{0,495 \text{ N/cm}} = 9,2 \text{ cm}$$

Entonces la elongación que se obtiene sobre el resorte al aplicar en él una fuerza de 4,6 N es de 9,2 cm.

Para trabajar

El siguiente gráfico muestra la relación obtenida en un experimento entre la fuerza en newton y la elongación de un resorte en cm.



Determina:

a. El valor de la constante elástica del resorte.

b. ¿En qué valor de la fuerza, la elongación del resorte es de 7,5 cm?

c. ¿Qué elongación en el resorte produciría una fuerza de 5 N?

Conexión con...

tecnología

El desarrollo de la tecnología y en especial de la mecánica industrial, se ha visto beneficiada por las leyes físicas. El aprovechamiento de las propiedades elásticas de ciertos materiales que cumplen la ley de Hooke ha posibilitado el desarrollo de más y mejor tecnología en la industria. No solo se utilizan las propiedades elásticas de los resortes, sino también de membranas y de gases, que en su proceso de compresión tienen un comportamiento elástico. En el mundo en que vivimos son innumerables los aparatos tecnológicos que utilizan dispositivos de características elásticas, como autos, relojes y prótesis por mencionar solo algunas.

Ciencia - Tecnología - Sociedad

Piernas elásticas

Un accidente de esquí acuático en 1976 resultó ser el catalizador de una revolución en el campo de la elaboración de prótesis para miembros inferiores, campo que necesitaba una innovación urgente. La pérdida de una pierna arriba del tobillo transformó la vida de un joven y dinámico deportista estadounidense, Van Phillips, entonces estudiante de 21 años en Arizona. Pronto decidió que los pies protésicos de aquellos años 70 no eran adecuados, así que el joven Van Phillips se asoció con Dale Abildskov, ingeniero de compuestos aeroespaciales, cuando trabajaba en la Universidad de Utah, en 1982. Su plan era cortar en forma de L un material de fibra de carbón muy conocido en la industria aeroespacial por su gran solidez, flexibilidad y elasticidad; después se fijó por debajo una suela y por encima un encaje protésico. El peso que se ejercía al apoyar el talón y por las características elásticas del material, se convertía en energía que, literalmente, impulsaba el paso, imitando la fuerza impulsora de un pie normal y permitiendo al portador correr y saltar. El concepto del pie Flex-Foot surgió en 1984 y su demanda aumentó en Estados Unidos, cuando las personas con amputaciones y un estilo de vida dinámico se percataron de las ventajas que este ofrecía en energía de retracción e impulso. Hoy día, más del 90 por ciento de los atletas con amputaciones en todo el mundo lleva algún modelo de Flex-Foot, y su amplia oferta les ha dado la oportunidad de correr, saltar y competir a un nuevo nivel en los Paraolímpicos.

En las olimpiadas de Pekín 2008, se produjo una gran polémica, ya que no se le permitió al atleta sudafricano Óscar Pistorius participar con sus prótesis inferiores.

El comité olímpico argumentó que dichas prótesis le daban ventajas sobre sus rivales. Esto encendió un gran debate el que aún se encuentra abierto.

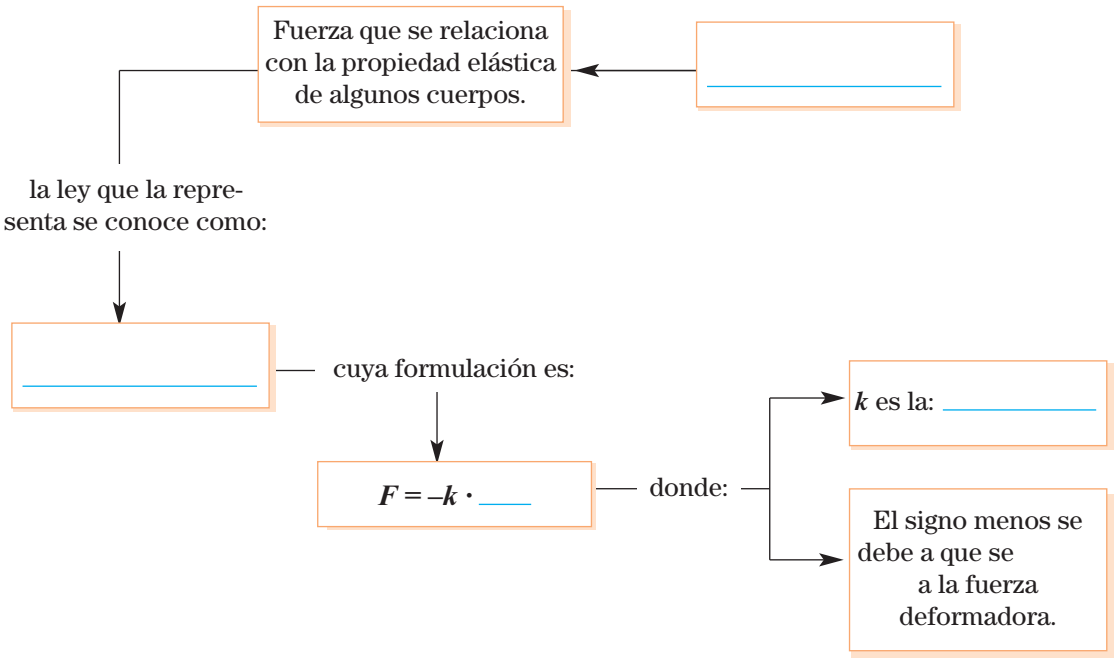
El atleta Óscar Pistorius corriendo los 100 m planos.
Fuente: revista *inMotion,* volumen 3, número 3, Mayo/junio 2004.

Respecto de la lectura, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo ves presente la ley de Hooke en este tipo de prótesis?
2. ¿Te parece una forma de discriminación lo ocurrido con el atleta Óscar Pistorius, al no dejarlo participar en la Olimpiadas de Pekín 2008?

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:


Fuerza que se relaciona con la propiedad elástica de algunos cuerpos.
la ley que la representa se conoce como:
cuya formulación es:
$F = -k \cdot$ ____
donde:
k es la: ____
El signo menos se debe a que se a la fuerza deformadora.

Evaluación de proceso

1. La siguiente tabla muestra datos que relacionan fuerza aplicada y la elongación de un resorte. Basándote en estos datos, determina la constante de elasticidad del resorte.

F (N)	x (cm)
0	0
1,4	1
3,75	2,5
6	4
7	5

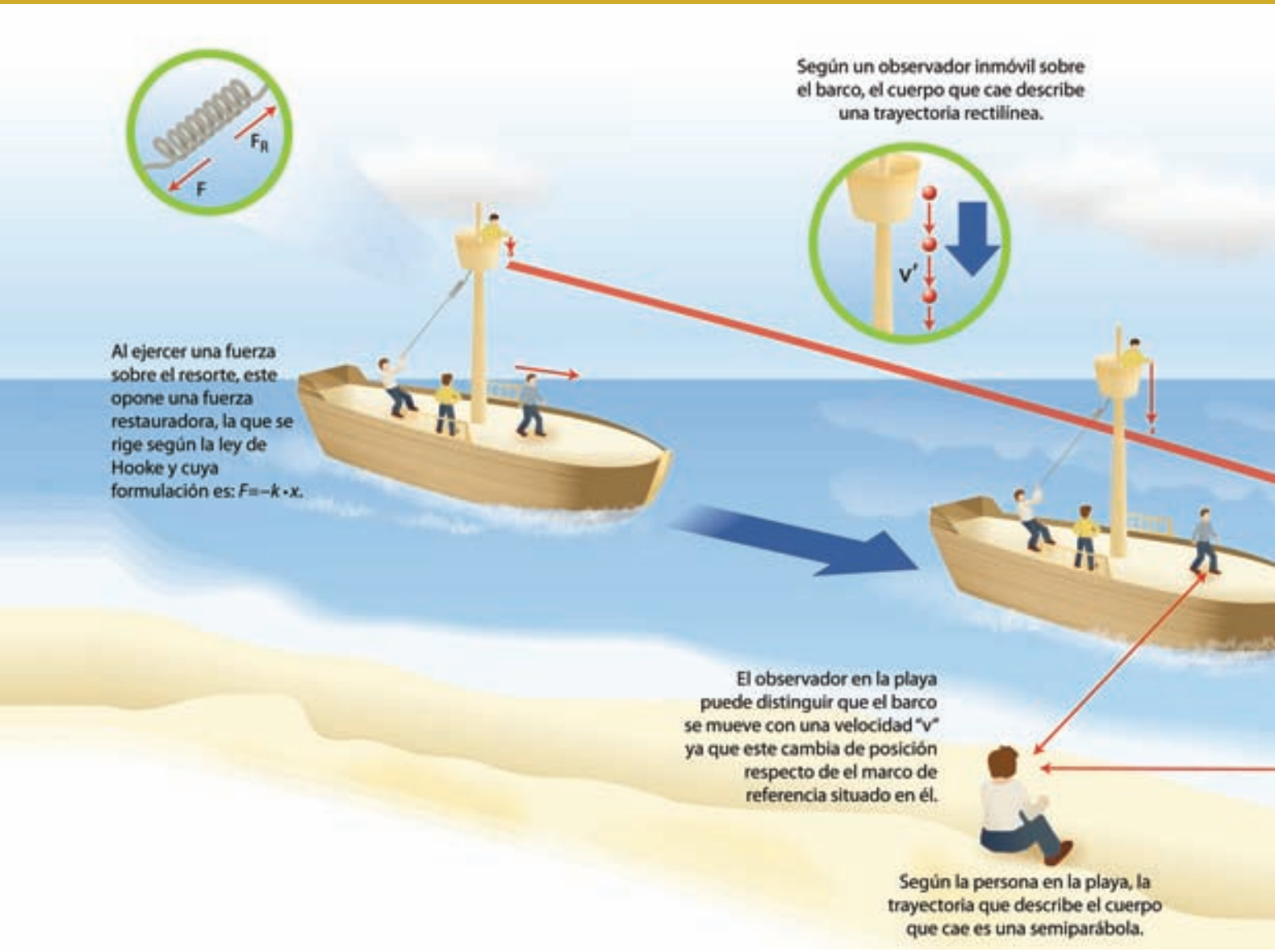
2. Si un resorte tiene una constante elástica k = 1,7 N/cm, ¿qué elongación se producirá en él si se le aplica una fuerza de 6,7 N?

Así aprendo mejor

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que más te costó aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?


F_R
F
Según un observador inmóvil sobre el barco, el cuerpo que cae describe una trayectoria rectilínea.
v'
Al ejercer una fuerza sobre el resorte, este opone una fuerza restauradora, la que se rige según la ley de Hooke y cuya formulación es: $F=-k \cdot x$.
El observador en la playa puede distinguir que el barco se mueve con una velocidad "v" ya que este cambia de posición respecto de el marco de referencia situado en él.
Según la persona en la playa, la trayectoria que describe el cuerpo que cae es una semiparábola.

Línea de tiempo

1571-1630

En el siglo XVI la humanidad se encuentra en plena era de los descubrimientos geográficos y científicos, lo que permitió ampliar el mundo conocido y una expansión económica europea.

1564-1642

1635-1703

En el siglo XVII en Europa se produjo una crisis generalizada, debido a un descenso en la población por guerras y epidemias. Esta crisis es conocida también como la "pequeña edad de hielo".

Johanes Kepler estudió el movimiento de los planetas y señaló que entre dos cuerpos es imposible afirmar cuál de ellos se encuentra en movimiento.

Galileo Galilei introduce el concepto de la relatividad en el movimiento de los cuerpos. Es considerado uno de los padres de la ciencia moderna.

Robert Hooke estudia la elasticidad de los cuerpos y formula una ley matemática que describe su comportamiento; dicha ley es conocida como la ley de Hooke.

Un observador situado en otro barco no podría afirmar cuál de los dos barcos se mueve, si no dispone de un marco de referencia al que supone en reposo.

Durante muchos siglos no se tuvo certeza si era el Sol o la Tierra quien se movía, lo que llevó a la creación de muchos modelos cosmológicos. Hoy en día sabemos que todos los cuerpos en el universo se encuentran en movimiento, es decir, no existe el reposo absoluto.

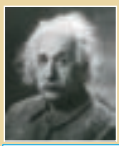
Según un observador inmóvil, al interior del barco la persona se mueve con una velocidad v', pero, según un observador situado en la playa, la persona sobre el barco se mueve con velocidad v+v'.

v'

Línea de tiempo

1853-1928

Esta es una época donde la ciencia, y en particular la Física, tiene un notable desarrollo con la aparición de las nuevas teorías y áreas.



1879-1955

En la primera mitad del siglo XX, la humanidad es testigo de las mayores guerras de toda su historia. Su costo solo en vidas alcanza casi las 70 millones de personas.

1889-1953

Partiendo de la base de las transformaciones de Galileo, Hendrik Lorentz hace grandes aportes a la teoría de la relatividad con sus conocidas "transformaciones de Lorentz".

Albert Einstein, en su teoría general de la relatividad sintetiza siglos de estudios sobre el movimiento de los cuerpos y sus causas.

A partir de sus observaciones astronómicas Edwin Hubble señala que todos los cuerpos celestes, (estrellas, planetas y galaxias) se encuentran en movimiento.

¿Cuánto avancé?

Regresa a las páginas 122 y 123 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica. Luego, compara tu porcentaje de logro respecto del obtenido anteriormente.

Comprendo

Marca la alternativa que consideres correcta en las siguientes preguntas:

1. Un marco de referencia se caracteriza por tener:

   I. un punto de referencia.
   II. un sistema de ejes coordenados.
   III. un origen temporal.

   Es(son) correcta(s)

   a. Solo I
   b. Solo III
   c. I y II
   d. II y III
   e. I, II y III

2. ¿Por qué se considera relativo el movimiento?

   a. Depende de la subjetividad de cada uno.
   b. No existe el reposo absoluto.
   c. Todo está en movimiento.
   d. Su descripción depende del marco de referencia que escojamos.
   e. Nunca se puede afirmar que algo se mueve.

3. En el interior de un tren que viaja a una velocidad de 60 km/h corre una persona por un vagón en sentido contrario y con una velocidad de 13 km/h. Esta persona será vista por un observador en tierra a una velocidad de:

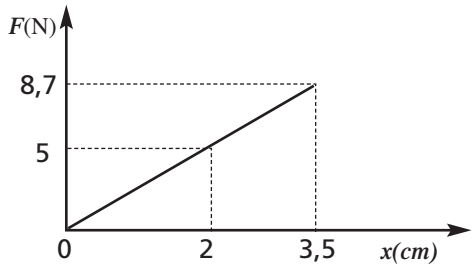
   a. 73 km/h.
   b. 60 km/h.
   c. 13 km/h.
   d. 47 km/h.
   e. 63 km/h.

4. ¿Qué representa la constante k en la ley de Hooke?

   a. Un número adimensional.
   b. La resistencia del material.
   c. Un número independiente del material.
   d. El cociente entre la fuerza y la longitud.
   e. La constante de flexibilidad del material.

Analizo

Observa el siguiente gráfico que representa la fuerza aplicada sobre un resorte vs. la elongación, y responde las preguntas que se plantean a continuación.



1. La relación entre la fuerza y la elongación es:
   a. directamente proporcional.
   b. inversamente proporcional.
   c. afín.
   d. constante.
   e. decreciente.

2. El valor de la constante elástica en N/cm es aproximadamente:
   a. 0,4
   b. 3,5
   c. 5
   d. 2,5
   e. 3,7

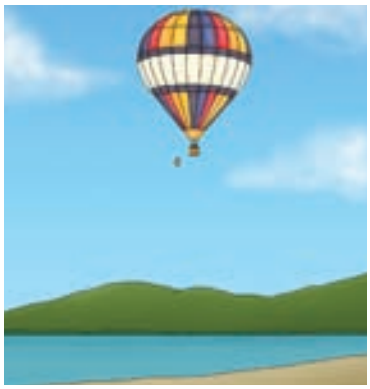
3. ¿Para qué valor aproximado de la fuerza en N, la elongación del resorte es 2,5 cm?
   a. 1
   b. 6,3
   c. 2,5
   d. 2
   e. 0,4

4. Por una carretera recta se encuentran de frente dos autos que se mueven con velocidad constante, el primero (A) viaja a 116 km/h, mientras que el segundo (B) lo hace a 89 km/h. La velocidad con que el marco de referencia situado en el auto (A) verá moverse al auto (B) será:
   a. 116 km/h
   b. 89 km/h
   c. 27 km/h
   d. 205 km/h
   e. Ninguna de las anteriores.

Aplico

Responde las siguientes preguntas marcando la alternativa que consideres correcta.

1. En la ilustración, el globo aerostático asciende con una velocidad de magnitud 6 m/s, mientras el viento sopla en dirección norte con una velocidad de magnitud 8 m/s. ¿Cuál será la magnitud de la velocidad del globo respecto de un observador situado en tierra?

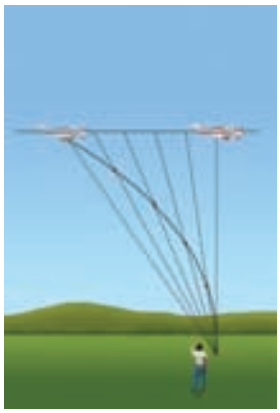


   a. 64 m/s
   b. 36 m/s
   c. 10 m/s
   d. 6 m/s
   e. 8 m/s

2. Las figuras A y B muestran la trayectoria de un fardo que cae descrita por dos marcos de referencia. ¿Cuál(es) de las siguientes afirmaciones es o son correctas?

A

B



   I. La figura A representa la trayectoria según el marco de referencia de la persona en tierra.
   II. La figura B representa la trayectoria del fardo según el marco de referencia de la avioneta.
   III. La figura A representa la trayectoria del fardo según el sistema de referencia de la avioneta.
   IV. La figura B representa la trayectoria del fardo según el sistema de referencia de la persona en tierra.

   Es(son) correcta(s)

   a. Solo I
   b. Solo III
   c. I y II
   d. III y IV
   e. Solo IV

3. Para poder comprimir un resorte de 3 cm se debe aplicar una fuerza de 12 N; entonces, la constante de elasticidad del resorte en N/cm es:

   a. 3
   b. 4
   c. 36
   d. 0,25
   e. 12

¿Cómo medir fuerzas sin utilizar materiales elásticos?

Antecedentes

Como vimos en esta unidad, al utilizar las características elásticas de algunos materiales, podemos medir diferentes fuerzas ya que nos valemos del comportamiento lineal de estos al ser sometidos a una fuerza. Este comportamiento se conoce como ley de Hooke. ¿Existirá otra forma de medir una fuerza sin utilizar materiales con características elásticas?

1. Objetivo

Diseñar un sistema para medir fuerza que no se base en la utilización de materiales elásticos.

2. Planificación

- Identifica qué fuerza vas a medir.
- Analiza cómo interviene la fuerza que quieres medir en otros ejemplos.
- Identifica qué otras fuerzas están presentes y qué magnitudes físicas intervienen para así definir cuáles controlar para que sean constantes y cuáles deberás calcular.
- Realiza un listado con los materiales que te puedan ayudar.
- Define claramente el procedimiento a realizar.
- Identifica qué efectos producen las fuerzas.

También puedes contestar preguntas como:

- ¿De qué variables depende la fuerza que quieres calcular?
- ¿Se trata de una situación de equilibrio o hay fuerzas no equilibradas?
- ¿Es una fuerza a distancia o de contacto?
- ¿Cómo comprobaremos los resultados?

3. Ejecución

Una vez planificado el proyecto, realiza la experiencia teniendo especial cuidado en la manipulación de los materiales y en el cuidado personal como también del entorno. Registra además aquellos factores que incidieron y que no habías pensado. Anota tus resultados.

4. Evaluación y análisis

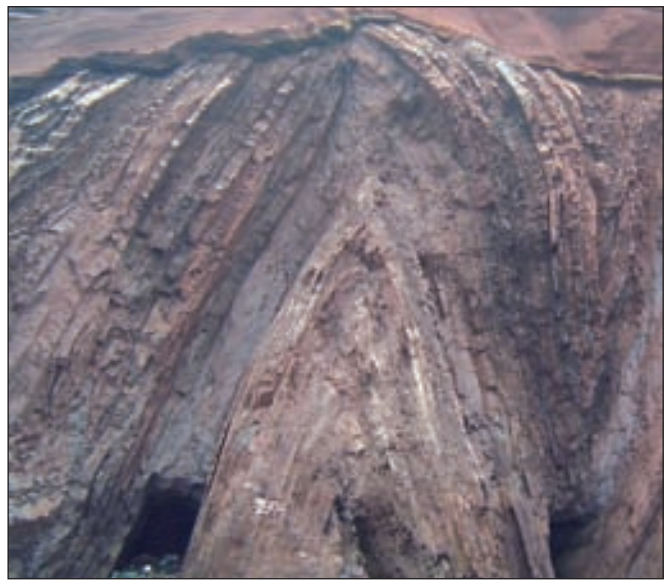
Al finalizar la recolección de datos, ordénalos de manera que te permitan establecer relaciones entre ellos. Puedes evaluar tu procedimiento a través de una pauta de cotejo donde se compare lo esperado con lo logrado. Identifica, además, las fuentes de error y cómo estas se pueden disminuir o eliminar.

5. Proyección

Piensa si el procedimiento que diseñaste permite medir otras fuerzas y cuáles serían los ajustes necesarios para lograrlo.

Unidad

5 Dinámica de la Tierra



Aunque no seamos conscientes de ello, nuestro planeta se encuentra cambiando constantemente. Hace millones de años, la Tierra era muy diferente a como la conocemos hoy día. Y hoy es muy diferente a como será dentro de muchos años más. ¿Cuáles son los cambios que se producen en nuestro planeta?, ¿y a qué se deben dichos cambios? En esta unidad podrás conocer algunos de los factores que provocan los diferentes tipos de cambios en la geografía de la Tierra y comprender cómo actúan. Además, podrás reconocer que muchos de esos cambios ocurren en grandes intervalos de tiempo, mientras que otros ocurren solo en unos pocos años.

Aprenderás a:

- Clasificar las distintas capas que forman la Tierra de acuerdo a su composición química y a su dinámica.
- Describir la estructura de placas y su comportamiento.
- Asociar el dinamismo de nuestro planeta con la liberación de energía interna de él.
- Identificar las diferentes consecuencias que produce el dinamismo del planeta.
- Explicar el origen y propagación de los sismos, diferenciando los conceptos de magnitud e intensidad.
- Caracterizar el origen y los efectos de la actividad volcánica.
- Describir los tipos de erosión, sus agentes y sus consecuencias.
- Conocer las medidas de seguridad que se deben adoptar ante una actividad sísmica y/o volcánica.

Actividad inicial

Observa las imágenes y responde las siguientes preguntas en tu cuaderno:

1. La Tierra está formada por distintos materiales, los que se distribuyen en capas. ¿Por qué crees que sucede así?
2. Visto desde el espacio, nuestro planeta no presenta cambios aparentes, pero si te acercas, ¿qué transformaciones crees que se podrían evidenciar a lo largo del tiempo?
3. Un volcán, al entrar en erupción, arroja material como piedras y lava, las cuales se encuentran a altas temperaturas. ¿Por qué crees que ocurre esto?, ¿de dónde piensas que proviene este material?
4. ¿Es posible que donde hoy hay un desierto árido antes haya existido un frondoso bosque o un mar profundo? ¿A qué crees que se debe esto?

Responde en tu cuaderno

1. **Ordena las siguientes capas de la Tierra, desde la más interna a la más externa.**

Corteza	Núcleo	Atmósfera	Manto

2. **En cada una de las siguientes definiciones, identifica a qué tipo de roca corresponde: ígnea, metamórfica o sedimentaria.**

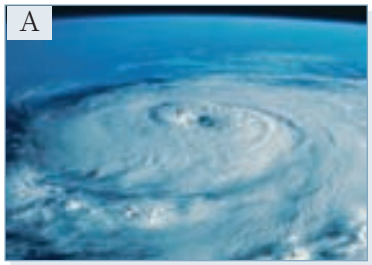
a. ___ : Se forman por acumulación y consolidación de mineral pulverizado, depositado por la erosión.

b. ___ : Corresponden al magma emanado de los volcanes que se ha enfriado y se solidifica.

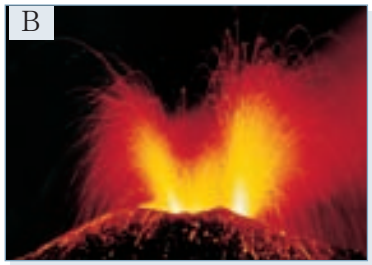
c. ___ : Proceden de una transformación de rocas, ya sean ígneas, sedimentarias o metamórficas. Dicha transformación se produce debido a cambios de temperatura y presión.

3. **Observa las siguientes imágenes y escribe en tu cuaderno las letras de aquellas que correspondan a fenómenos causados solamente por la fuerza de la naturaleza, y que el hombre no pueda controlar.**

A



B

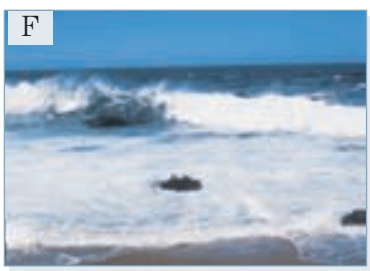


C

D

E

F



4. **Resuelve el siguiente ítem en tu cuaderno, indicando si cada afirmación es verdadera (V) o falsa (F). Justifica aquellas que consideres falsas.**

   a. ___ La erosión en el planeta es causada únicamente por el ser humano.

   b. ___ El Sol es la principal fuente de energía para la Tierra, sin el cual la vida no sería posible.

   c. ___ Desde la formación del planeta hasta nuestros días, la geografía no ha sufrido modificaciones significativas.

   d. ___ Los distintos tipos de suelo son consecuencia de la erosión.

   e. ___ La acción del hombre ha producido contaminación tanto del agua como del aire y los suelos, siendo algunos cambios irreversibles.

   f. ___ Los elementos químicos que se encuentran en nuestro planeta no se presentan en otros planetas del Sistema Solar.

5. **Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:**

   a. ¿Qué actividades humanas crees que producen mayor contaminación?, ¿cómo crees que podría disminuir esto?

   b. ¿Cuáles son las principales características o condiciones que posibilitan la vida en la Tierra?

   c. ¿Qué fenómenos naturales puedes asociar a la liberación de energía?, ¿por qué?

   d. ¿Qué factores crees que puedan influir en los cambios que se producen en el paisaje terrestre?

   e. ¿Cómo crees que varía la temperatura a medida que aumenta la profundidad al interior de la corteza terrestre?

Lo que me gustaría saber

- A partir de lo que has observado y estudiado, elabora una lista de preguntas que te gustaría poder responder al finalizar el estudio de esta unidad.
- ¿Qué fenómenos naturales has presenciado? Nombra también otros fenómenos naturales que conozcas.

Indagación: Composición interna de la Tierra

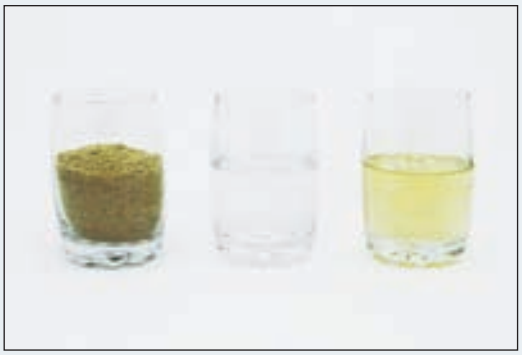
¿De qué depende la forma en que está organizado el interior de la Tierra?

La Tierra es un planeta formado por distintas capas, las que se encuentran separadas unas de otras y cuyas características son las de tener una composición y extensión bien definidas. ¿De qué crees que depende la distribución de dichas capas al interior de la Tierra? Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y planteen una hipótesis a la pregunta inicial.

Para poner a prueba su hipótesis les proponemos el siguiente experimento:

Materiales

- Un recipiente de vidrio o plástico transparente; puede ser una botella cortada en la parte superior.
- Un vaso con arena.
- Un vaso con aceite.
- Un vaso con agua.
- Balanza.



Procedimiento

1. En cada vaso deben poner igual cantidad de agua, aceite y arena, de modo que tengan idéntico volumen para los tres.
2. Tomen cada vaso y midan su masa utilizando la balanza. Registren los valores en una tabla.
3. Si el volumen es igual para las tres sustancias, ¿cuál de ellas es más densa?
4. Ahora, en el recipiente de vidrio vacíen toda el agua contenida en el vaso.
5. Sobre el agua vacíen la arena y esperen dos o tres minutos. Observen lo que sucede y registren sus observaciones.
6. Ahora viertan en el recipiente la mitad del aceite. Esperen dos o tres minutos y vean lo que ocurre.
7. Ahora viertan el resto del aceite. ¿Es lo que esperaban? Fundamenten su respuesta.
8. Cubran el recipiente y agítenlo. ¿Qué debería ocurrir luego de agitarlo?
9. Esperen cinco minutos y observen lo que ocurre. ¿Es lo que esperaban? Si no es así, traten de explicar por qué ocurrió lo que vieron.

Respondan las siguientes preguntas:

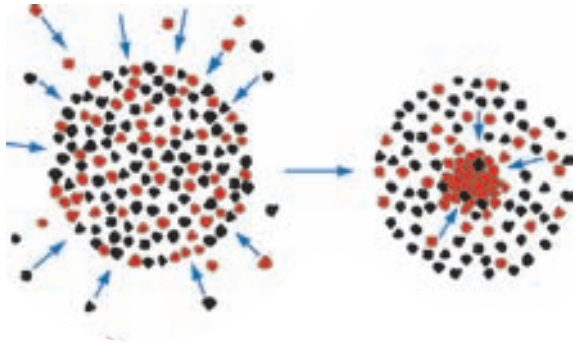
a. ¿De qué creen que depende la distribución de los materiales en su experimento? ¿Ocurrirá algo similar al interior de la Tierra?

b. ¿Verificaron su hipótesis? Expliquen.

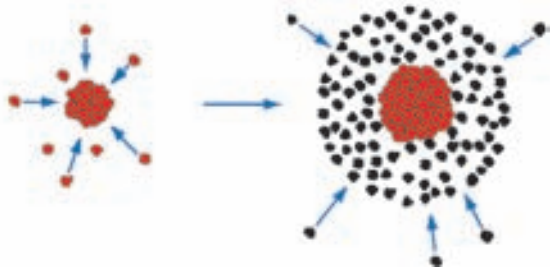
1. Formación de la Tierra

En la actividad de indagación pudiste observar que al mezclar sustancias diferentes estas tienden a agruparse en estratos según su densidad. Algo muy similar ocurrió en la formación de la Tierra y en cómo se fueron agrupando las diferentes capas. Según las evidencias, la Tierra se formó hace unos 4.600 millones de años; aunque no hay una teoría clara acerca de cómo sucedió esto, todo indica que el Sol, la Tierra y los demás cuerpos del Sistema Solar se formaron a partir de la acumulación gravitacional de una nebulosa. Esto fue provocado por la explosión de una supernova cercana, permitiendo la agrupación diferenciada del material. ¿Por qué la Tierra quedó formada por capas? Hay dos hipótesis en las cuales se sustenta la teoría de la **acreción,** e indican cómo se habrían agrupado los materiales.

- La **acreción homogénea** plantea que la Tierra desde su formación contenía todos los materiales que están presentes en la actualidad, pero se encontraban mezclados. Con el tiempo, a causa de las diferentes densidades, unos se fueron ubicando en la parte interior y los menos densos en la superficie.



- La segunda hipótesis, llamada **acreción heterogénea**, plantea que la Tierra se fue formando por capas: primero se formó el núcleo que es más denso, y debido a esta gran densidad atrajo a los otros elementos, menos densos, que se ubicaron en la superficie.



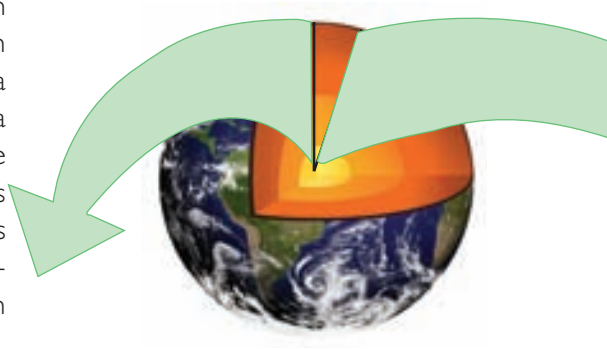
Ambas teorías plantean que la Tierra era inicialmente una bola incandescente, cuya elevada temperatura hacía que la superficie del planeta estuviera en estado líquido. Con el tiempo, la superficie de la Tierra comenzó a enfriarse y se solidificó, formando lo que hoy conocemos como **corteza**. Pero desde el interior seguía emanando material líquido a altas temperaturas, el que contenía distintos tipos de gases, entre ellos vapor de agua. Estos gases se acumularon en la parte superior, dando lugar a la atmósfera, y al condensarse el vapor de agua comenzaron las precipitaciones en forma de lluvia. Al acumularse el agua, se originaron ríos, lagos y océanos.

Inter@ctividad

En la dirección http://www.youtube.com/watch?v=-FoNaLP9TDM encontrarás un video acerca de la formación de la Tierra, desde el origen del Sistema Solar y cómo ha evolucionado hasta nuestros días.

2. Modelos de la estructura de la geósfera

Como la mayor parte del interior de la Tierra es desconocido, se han planteado varios modelos que explican su estructura. Todos ellos coinciden en que el interior de nuestro planeta se encuentra organizado en capas. La variación y/o interrupción en la velocidad de ciertas ondas sísmicas es una forma indirecta para establecer las distintas capas que forman el interior de la Tierra. Las investigaciones realizadas al respecto se han centrado en dos aspectos: en la composición de los materiales que forman las distintas capas y en el comportamiento mecánico de dichos materiales. Es así que se distinguen dos modelos, que presentan diferentes capas (pero que coinciden en muchos aspectos).



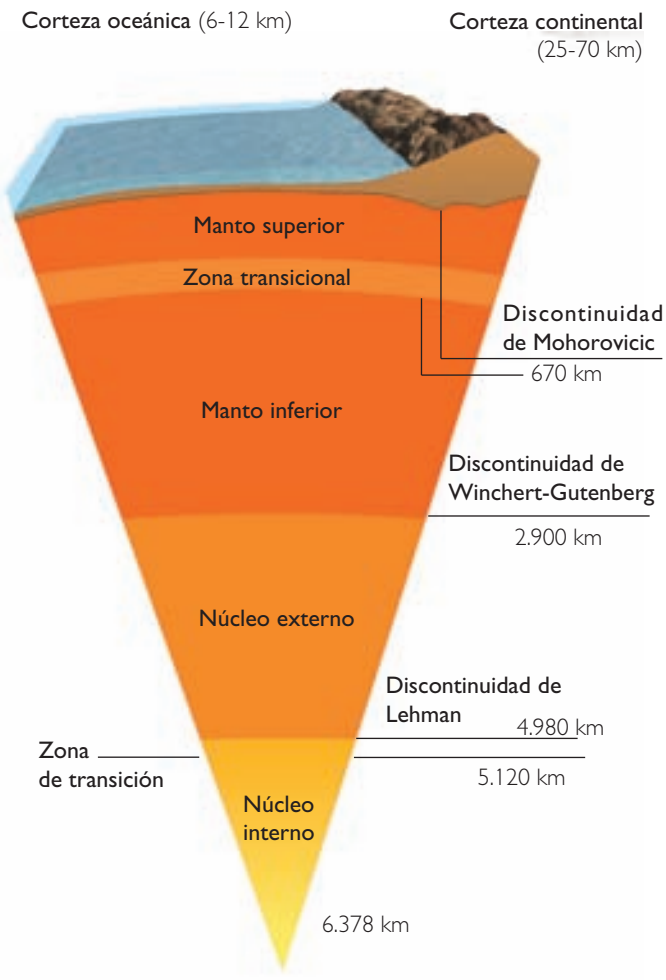
a. Modelo estático

Considera la composición química del planeta.

Corteza. Es la capa más externa y representa el 0,5% de la masa total de la Tierra. La corteza se divide en oceánica (la que se encuentra bajo el océano) y continental (que forma los continentes). Si bien presentan los mismos elementos, se encuentran combinados en diferentes proporciones. La corteza continental es menos densa y más gruesa que la oceánica. La corteza continental está formada principalmente por aluminio, silicio y magnesio; en cambio, la corteza oceánica está compuesta por aluminio, hierro, magnesio, calcio y potasio.

Manto. Se encuentra en estado sólido, pero este se comporta como un fluido. En él podemos diferenciar dos partes: manto superior y manto inferior. El manto superior está compuesto principalmente por olivino y piroxeno; sin embargo, en el manto inferior predominan el silicio, magnesio y oxígeno. El manto en su totalidad representa más del 60% de la masa de la Tierra.

Núcleo. Es la capa más interna de la Tierra y está compuesta principalmente por hierro y níquel. Contiene, además; cobre, oxígeno y azufre. El núcleo se divide en núcleo externo, el cual se encuentra en estado líquido, y el núcleo interno, que es sólido. Aunque las temperaturas en el núcleo interno alcanzan los 5.000 °C, es sólido, debido a las altas presiones a las que se encuentra sometido. El núcleo constituye poco más del 30% de la masa terrestre.

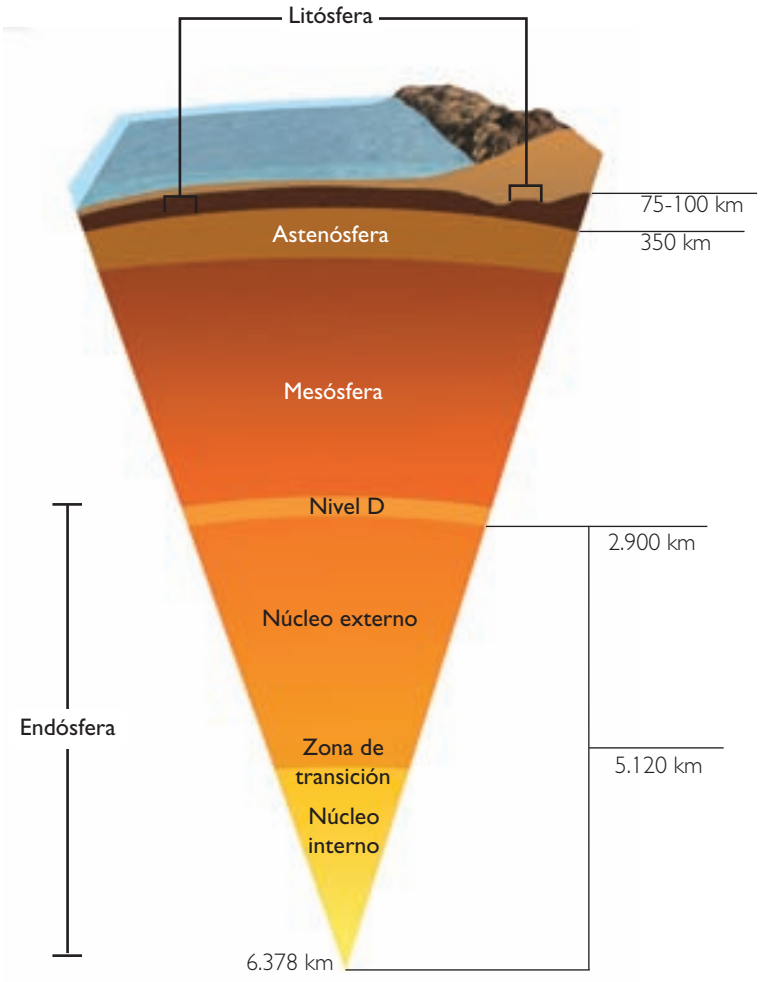


¿Qué sucedería si…?

La Tierra es uno de los llamados planetas rocosos por tener estructura sólida; los planetas gigantes, como Júpiter, están formados principalmente por gases. ¿Podría darse una estructura de capas en un planeta gaseoso?, ¿por qué? ¿Qué ocurriría si viajaras a Júpiter y quisieras caminar sobre su superficie?

b. Modelo dinámico

Considera el comportamiento mecánico (o físico) de las distintas capas.



Litósfera. Es la capa más externa. Está formada por la corteza y una parte externa del manto. La litósfera se encuentra sobre una capa fluida. Su espesor varía de los 100 a los 150 km. Se encuentra fragmentada en placas, llamadas placas tectónicas o litosféricas.

Astenósfera. Capa formada por el manto. Debido a las elevadas temperaturas, está en constate movimiento, produciendo el desplazamiento de las placas que se encuentran sobre ella. En esta placa encontramos el magma, material que es expulsado en las erupciones volcánicas.

Mesósfera. Está formada por el resto del manto, es decir, es la porción de manto que se encuentra entre la astenósfera y el núcleo. Esta capa se distingue por no presentar el comportamiento plástico que tiene la astenósfera, ya que aquí el manto vuelve a comportarse de manera rígida. Alcanza hasta los 2.900 km de profundidad.

Núcleo. Corresponde al núcleo interno y externo. A esta capa también se le llama endósfera. El núcleo interno se encuentra en estado sólido y el núcleo externo en estado líquido. Es la fuente de calor interno del planeta. En el núcleo interno el calor se transmite por conducción. Se ha estudiado una diferencia entre la velocidad de rotación de ambos núcleos.

Ten presente que:

- La clasificación y estratificación de capas se ha logrado mediante estudios de movimientos sísmicos y comportamiento de los materiales, pero el hombre no ha podido estudiar directamente estas capas, no se han logrado perforar grandes profundidades, ni mucho menos llegar a ellas.

3. Dinámica terrestre

3.1. Deriva continental

Observar-inferir

Actividad 1

Cambios en la geografía de la Tierra

Reúnanse en grupos de dos integrantes y realicen la siguiente actividad:

1. Saquen una fotocopia de un mapa en el que se distingan todos los continentes.
2. Recorten muy bien cada uno de ellos, separando América del Sur de América del Norte y África de Europa; luego, pónganlos sobre una mesa.
3. A modo de rompecabezas traten de unir todos los continentes.
4. Luego traten de enlazar los continentes sobre una superficie esférica como una pelota.
   a. ¿Existe alguna posición en la que sus bordes coincidan de forma aproximada?
   b. De coincidir los bordes de los continentes, ¿cómo se podría explicar? Piensen en tres posibles explicaciones a dicha coincidencia aparente.

Pérmico

Según evidencias fósiles y geológicas, se piensa que hace unos 290 millones de años, los continentes estaban unidos en un solo gran continente, al cual se le llamó Pangea, que significa "toda la tierra". Al único océano existente se le denominó Pantalasa, que significa "todo el mar".

Triásico

Hace aproximadamente 245 millones de años, Pangea se habría fracturado, formándose dos grandes continentes. Al continente que se ubicó al norte se le denominó Laurasia y Gondwana al que se habría ubicado al sur.

Seguramente notaron en la actividad anterior que existe una coincidencia entre algunos de los bordes de los continentes. Algo similar fue observado por el geólogo y meteorólogo alemán **Alfred Wegener**, quien postuló por primera vez, entre 1908 y 1912, la teoría de que todos los continentes estuvieron unidos en una sola gran extensión de tierra. A este continente inicial lo llamó **Pangea**. Wegener propuso que este gran continente se fracturó y comenzó a desplazarse, cambiando la geografía del planeta hasta como lo percibimos en la actualidad. De esto se deduce que la forma que conocemos de los continentes seguirá cambiando. A esta teoría se le llamó **deriva continental**. En su tiempo, la teoría de Wegener fue descartada por sus contemporáneos, pero parte de ella, junto con otras evidencias y nuevas teorías, sentaron las bases para la teoría tectónica de placas.

Ten presente que:

- Si bien en Ciencia una teoría puede ser aceptada, esta nunca puede ser probada como verdadera, puesto que no podemos asumir que sabemos todo respecto de lo que ella explica. En lugar de eso, las teorías permanecen en pie mientras no sean refutadas por nuevos datos, punto en el cual son modificadas o sustituidas. ¿Qué teorías conoces?; ¿cuándo una teoría es aceptada?, ¿conoces alguna teoría que haya sido desechada? Explica.

Cretácico

Según los registros fósiles y geológicos, se cree que hace unos 65 millones de años atrás se extinguieron los dinosaurios. En ese tiempo, los continentes no habrían presentado la misma distribución que en la actualidad; por ejemplo, India habría estado separada del continente asiático.

En el presente

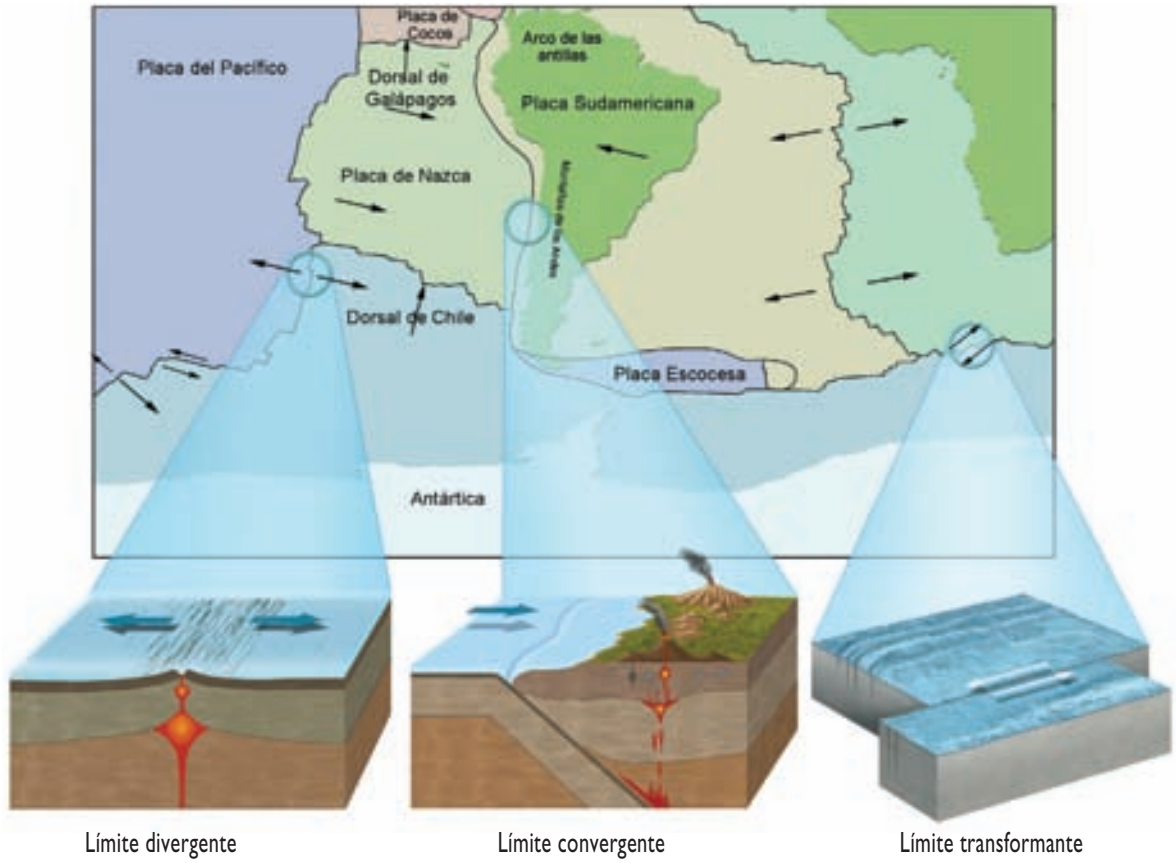
En la actualidad, los continentes presentan la distribución que se observa en el dibujo. Esta forma se alcanzó hace unos 15 millones de años. Pero el dinamismo del planeta hará que esto siga cambiando.

3.2. Tectónica de placas

La litósfera se divide en numerosas placas, las que son como las piezas de un rompecabezas. Las principales placas son la Africana, la Euroasiática, la Indoaustraliana, la Norteamericana, la Sudamericana, la Pacífica y la Antártica.

Algo muy similar al movimiento de sólidos que flotan en agua hirviendo es lo que ocurre en nuestro planeta con las placas de la corteza. Las placas se desplazan sobre el manto que, como vimos, se comporta como fluido. La teoría que explica este comportamiento de la corteza se denomina **tectónica de placas**. Según esta teoría, hay algunas placas que se acercan y otras que se alejan entre sí. Por lo tanto, el contacto entre placas será diferente, dependiendo de cómo se estén moviendo. Cuando las placas se separan entre sí, diremos que la región de contacto entre ellas presenta un **límite divergente**. En cambio, cuando las placas se acercan entre sí, diremos que la región de contacto entre ellas presenta un **límite convergente**.

Si las densidades de las placas son diferentes, la más densa, se moverá por debajo de la placa menos densa, en un proceso llamado subducción. Hay veces en que las placas se mueven de forma paralela, produciendo fricción entre ellas; este tipo de contacto se llama **límite transformante**.



Límite divergente | Límite convergente | Límite transformante

Actividad 2

Deducir

Movimiento de las placas

Observa la siguiente distribución de placas:

a. A partir de lo que se observa, ¿en cuáles es de los casos hay límites convergentes y en cuáles límites divergentes?

b. Considera el límite entre la placa del Caribe y la placa de Cocos. Si existe subducción entre estas placas, ¿cuál debería moverse por la parte inferior y cuál por la superior? Explica.

c. Averigua qué características presentan las regiones donde se encuentran los límites entre placas.

d. Este movimiento de placas, ¿es coherente con la teoría de un supercontinente original?, ¿por qué?

e. ¿Cómo debería ser la geografía del planeta en el futuro?, ¿qué continentes se están alejando y cuáles se están acercando?

Síntesis

- Copia y completa en tu cuaderno el siguiente esquema:

La Tierra se habría fomado hace _____ de años. Acerca de su formación se plantean dos hipótesis, las cuales se conocen con el nombre de _____ y _____.

La estructura de la Tierra se define según dos modelos.

El modelo estático hace referencia a la composición química del planeta. Las capas que se distinguen en este modelo son:

- _____
- _____ e _____
- _____ y _____

El modelo dinámico se basa en el comportamiento mecánico de las capas.

- _____
- _____
- _____
- _____

La Tierra presenta comportamiento dinámico, visible en su capa externa.

Según las evidencias, la Tierra habría estado formada por un solo gran continente llamado _____ el cual se fracturó, formando dos continentes llamados _____ y _____. A esta teoría se le conoce con el nombre de _____.

que es una de las bases de

_____ de placas que plantea que la corteza se encuentra dividida en placas, las cuales se hallan en movimiento debido a la liberación de _____. Los límites entre placas pueden ser _____, _____ o _____.

Evaluación de proceso

1. ¿Qué teorías explican la formación en capas de la Tierra?, ¿qué dice cada una de ellas?
2. Describe la organización de capas que considera el modelo estático y dinámico.
3. Explica la teoría de la deriva continental. ¿Cuáles son las evidencias de la validez de esta teoría?

Investigación científica

¿Cómo percibimos el movimiento de las placas tectónicas?

Planteamiento del problema

El movimiento de placas es una transmisión de energía desde el interior de la Tierra a la litósfera. Si el movimiento de placas es gradual, no lo percibimos. Pero cuando esta energía se libera repentinamente podremos percibir este movimiento en la superficie.

Hipótesis

Un movimiento en el interior de la Tierra se percibirá de distinta manera según sea el tipo de suelo y la altura a la que nos encontremos.

Materiales

- 1 trozo de madera delgado de 5 x 10 cm.
- 2 sobres de gelatina de distintos colores.
- 2 recipientes para preparar la gelatina, de distinta altura.
- 2 trozos de cartón piedra de 30 x 20 cm.
- Casitas pequeñas (pueden ser las que vienen en algunos juegos).

Procedimiento

1. Preparen las gelatinas en los recipientes, de modo que tengan distintas alturas. Esperen hasta que se endurezca.
2. Ubiquen los cartones uno al lado del otro, de modo que sus bordes queden juntos.
3. Mojando el recipiente por la parte exterior, desmolden las gelatinas sobre la juntura de los cartones. Ubiquen también sobre la juntura el trozo de madera.
4. Coloquen casitas sobre ambas gelatinas y sobre la madera.
5. Muevan los cartones separándolos de forma brusca; luego, muévanlos de forma paralela.

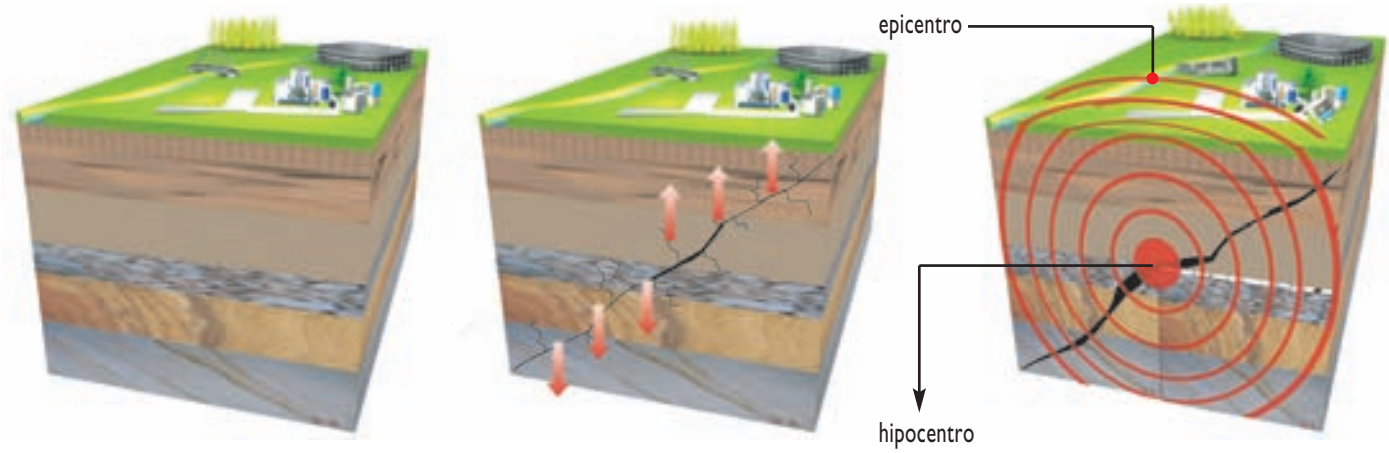
Análisis

a. ¿Qué sucede con las casitas que están sobre la gelatina?
b. ¿Qué diferencia hay entre el movimiento de las casitas que están sobre la gelatina y las que están sobre la madera?, ¿a qué creen que se debe esta diferencia?
c. ¿Cuáles son las variables que están influyendo en el tipo de movimiento?
d. ¿En qué influye la superficie en el movimiento observado?
e. ¿Comprobaron la hipótesis planteada? Expliquen.

4. Sismos

4.1. ¿Cómo se origina un sismo?

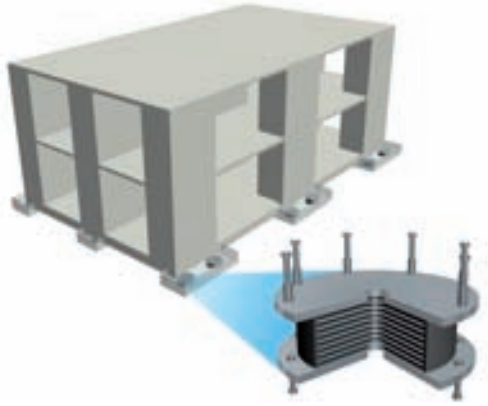
En la investigación anterior construiste un modelo que simula la relación entre el movimiento de placas y la **actividad sísmica**. Un sismo tiene su origen en la interacción de las placas. La mayor parte de ellos se produce en los bordes de las placas tectónicas, debido al roce entre ellas. Por ejemplo, Chile es un país altamente sísmico, porque se encuentra sobre el borde de la placa Sudamericana, que está en contacto con la placa de Nazca. Cuando las placas se atascan en su movimiento, permanecen en un estado llamado **equilibrio elástico**, donde comienza a acumularse gran cantidad de energía debido a la tensión entre ellas. Producto de esto, y de las diferencias en la composición de las placas, esta energía que se ha acumulado terminará por liberarse en todas las direcciones, produciéndose una fractura; esto origina un movimiento que conocemos como **sismo**.



El punto donde se genera el sismo se llama **hipocentro**, y este se encuentra en el interior de la corteza. Al hacer una proyección vertical hacia la superficie obtenemos el lugar llamado **epicentro.**

Conexión con... Ingeniería

En países sísmicos como Chile, Japón o China se ha trabajado en el diseño de construcciones antisísmicas. Una de las características principales que deben tener las construcciones en altura, es la de poseer una estructura elástica.
De esta forma, al producirse un sismo estas construcciones se mueven más. Cuando una construcción es rígida, frente a un movimiento de gran intensidad puede sufrir fracturas y derrumbarse.



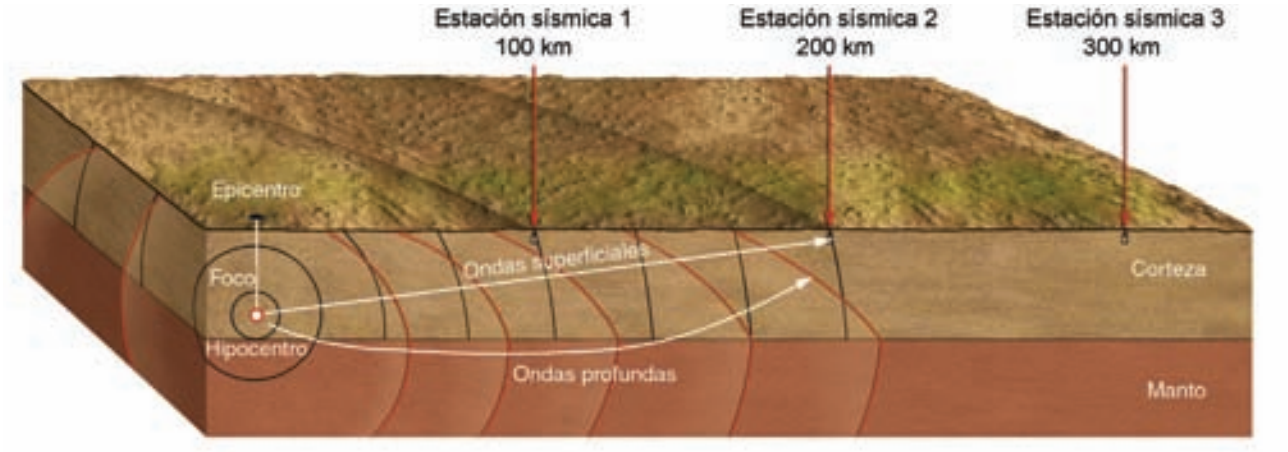
4.2. Descripción de un sismo

a. Parámetros

Los efectos que el sismo produce nos indican la intensidad que este tuvo.

En la investigación científica de la página 169 observaste que el origen del movimiento era el mismo para las distintas superficies, pero las consecuencias fueron diferentes en cada caso. El movimiento fue más intenso cuando la superficie era más blanda o mayor era la altura. Piensa también en cómo se percibe un sismo en un edificio; si estás en el décimo piso, el movimiento percibido será mayor que si te encuentras en el primero. Para caracterizar un sismo existen dos parámetros: la **intensidad** y la **magnitud**.

Cuando se considera la energía que se libera en el sismo, estamos hablando de la magnitud. La energía liberada a través de una fractura es independiente de la distancia, tipo de suelo o altura, por lo que será única en cada movimiento telúrico. De acuerdo con este parámetro, entonces, si el epicentro de un sismo se encuentra en Valparaíso, por ejemplo, la magnitud será la misma en Viña del Mar o en Talca, aunque se perciban de manera distinta.



La magnitud de un sismo dependerá solo de la energía que se libera desde el hipocentro, que va disminuyendo a medida que se aleja de él.

La intensidad tiene relación con cómo percibimos un sismo. En este caso, se medirán los efectos que el sismo produce en cada lugar. Estos dependerán, en primer lugar, de la profundidad a la que se produce el hipocentro. Cuando la fractura se encuentra a grandes profundidades, la energía es absorbida en gran parte por la corteza, diminuyendo la intensidad en la superficie; pero si el hipocentro está a menor profundidad, entonces el movimiento que se produce en la superficie será mayor y, por consecuencia, será más grande la intensidad.

Mientras más cerca nos encontremos del epicentro, más intenso percibiremos el movimiento.

La intensidad también depende del tipo de suelo (en la investigación científica observaste que el movimiento es diferente para un suelo más blando que para uno más rígido). En un suelo rocoso experimentaremos un movimiento menor que en un suelo limoso.

b. Escala de medición de los sismos

El mayor terremoto registrado en la historia corresponde al de la ciudad de Valdivia, en Chile, el 22 de mayo de 1960. (Fotografía)

Sabemos que la magnitud está asociada a la energía liberada, y la intensidad, a los efectos producidos; pero ¿cómo podemos evaluar esto? Para que algo sea medible siempre se le debe asignar una escala de medición. Como magnitud e intensidad miden parámetros diferentes, a cada una se le asocia una escala de medición diferente.

Escala de Richter

Esta escala para medir magnitud fue propuesta en 1935 por el sismólogo californiano **Charles Richter**. En ella se asigna una equivalencia numérica a la energía propagada, siendo esta escala de medición abierta, es decir, no cuenta con un valor máximo, sino que su límite está dado por la energía que pueda liberar la Tierra.

Una característica de esta escala es que sus valores no son lineales: es decir, no crecen de forma constante: por cada grado que se avance aumenta unas 30 veces la energía. Por ejemplo, un sismo grado 7,5 libera unas 30 veces más energía que uno grado 6,5, y unas 900 veces más que uno grado 5,5.

Algunos problemas que presenta la escala Richter es que esta se satura cerca de valores altos (sobre 8 grados de magnitud). Para corregir este problema, en 1979 los sismólogos Thomas C. Hanks e Hiroo Kanamori propusieron la escala sismológica de **magnitud de momento** (M_W), esta es una escala logarítmica que se basa en la cantidad de energía total liberada por un sismo, además es coincidente, en cierto rango, con la escala Richter, pero otorga más confiabilidad para magnitudes altas. En la actualidad, los principales servicios sismológicos del mundo entregan los registros de sus mediciones en escala M_W.

Tabla 1: Mayores sismos en los últimos 100 años

Localización	Año	Magnitud
Valdivia, Chile	1960	9,5
Océano Índico	2004	9,1
Kamchatka, Rusia	1952	9,0
Sanricu, Japón	1993	8,9
Cobquecura, Chile	2010	8,8
Alma-Ata, Unión Soviética	1911	8,7
Asma, India	1950	8,6
San Francisco, EE.UU.	1906	8,6
Valparaíso, Chile	1906	8,6
Tokio, Japón	1923	8,3
Chillán, Chile	1939	8,3

La escala Richter mide la magnitud de un sismo. Fuente: U.S. Geological Survey.

Escala Mercalli

Esta escala se relaciona con la intensidad del sismo y se basa principalmente en los efectos y daños que se producen. Estos dependen no solo de la distancia y del tipo de suelo, sino también del carácter de las construcciones y de cómo es percibido por las personas; para ello, se recogen testimonios y se cuantifican los daños.

La escala Mercalli es cerrada, considerando los valores del I al XII, asignando a cada uno de ellos distintos sucesos, como vemos a continuación:

Un sismógrafo puede amplificar cientos de veces los movimientos reales. Todos los días se producen centenares de sismos que no podemos percibir, pero sí son detectados por los sismógrafos.

Tabla 2: Escala de Mercalli

Grado	Descripción
I	No se advierte.
II-III	Vibración similar a la producida por el paso de un vehículo liviano.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado.
V	La mayoría de las personas lo perciben aún en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes.
VI-VII	Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad al caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas.
VIII-IX	Se produce pánico general. Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones.
XI	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca.

Fuente: Archivo editorial.
Como la escala Mercalli considera la percepción de la gente y los daños producidos, pueden existir dos sismos cuya magnitud sea la misma, pero presenten distinta intensidad.

¿Cómo se registran los sismos?

El instrumento utilizado para registrar un sismo se llama **sismógrafo**. Este registra las ondas sísmicas mediante un sismograma: trazo que muestra la variación experimentada por la amplitud de las oscilaciones a medida que transcurre el tiempo. La duración, ubicación y magnitud de un sismo pueden ser determinadas a partir de los registros obtenidos en las estaciones de monitoreo.

c. ¿Cómo se propaga un sismo?

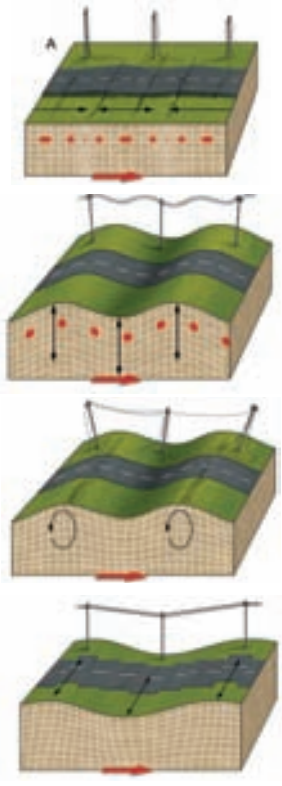
OBSERVAR-ANALIZAR

Actividad 3

Propagación de las ondas sísmicas

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y realicen la siguiente actividad:

1. Tomen un trozo de yeso, y en uno de sus vértices coloquen un clavo.
2. Golpeen el clavo con un martillo, no muy fuerte, para que no se quiebre el bloque, pero que sí se produzcan trizaduras en el yeso.
   a. ¿En qué dirección se produjeron las trizaduras en el yeso?
   b. ¿En qué dimensiones se propagó la energía?



En el hipocentro de un sismo ocurre algo similar a lo que acabas de observar: se produce una fractura, y la energía es liberada en todas las direcciones, hacia la superficie de la Tierra y hacia el interior de ella. Las ondas que transportan dicha energía se pueden clasificar en: **ondas de cuerpo** (**P** y **S**) y **ondas superficiales** (**R** y **L**). Las ondas de cuerpo se generan en el hipocentro y se propagan en tres dimensiones, mientras que las ondas superficiales se generan en el epicentro y se propagan en dos dimensiones.

Las ondas P (primarias). Son longitudinales o de compresión; esto significa que el suelo se comprime y se dilata en la dirección de propagación de la energía. Se puede propagar tanto en medios sólidos como en medios líquidos y son las ondas que se extienden con mayor rapidez, por lo que son las primeras en ser detectadas.

Las ondas S (secundarias). Son transversales, por lo tanto, al ser el movimiento del suelo perpendicular a la propagación de la onda, produce ruptura del material por el cual se propaga. Este tipo de ondas solo puede extenderse en medios sólidos, siendo detectada posteriormente a la onda P.

Ondas R. Fueron predichas matemáticamente por John Rayleigh, en 1885. Las ondas R presentan un movimiento elíptico bajo la superficie. Son similares a las ondas en el mar, ya que en la superficie se observa una ondulación. Estas ondas presentan una rapidez menor que las ondas P y las ondas S.

Ondas L. (love). Predichas matemáticamente en 1911 por Augustus Love, producen un movimiento de corte, perpendicular a la expansión de la energía. Si bien, de las ondas descritas es la que presenta una menor rapidez de propagación (levemente menor que las ondas R), es la que produce una mayor cantidad de daños en las estructuras debido al movimiento que produce.

Inter@ctividad

En la siguiente dirección encontrarás una animación donde podrás observar cómo se propaga cada tipo de onda, superficiales y de cuerpo: http://cienciasnaturales.es/TERREMOTOSONDAS.swf

Ejemplo resuelto 1

Determinando el hipocentro de un sismo

En una estación de monitoreo se registra un sismo de mediana intensidad. El sismógrafo percibe la onda P a las 12:16 horas, y la onda S a las 12:23.

La rapidez media para una onda P es de 12 km/s y para la onda S es de 7 km/s.

A partir de estos datos, ¿a qué distancia de la estación de monitoreo se produjo el hipocentro del sismo?

- Sabemos que $v = \frac{d}{t}$, y como las distancias recorridas por ambas ondas son iguales, al despejar la distancia e igualar las ecuaciones, tenemos:

$$d_p = 12\frac{km}{s} \cdot t_p \quad \Rightarrow \quad 12 \cdot t_p = 7 \cdot t_s \text{ (ecuación 1)}$$
$$d_s = 7\frac{km}{s} \cdot t_s$$

- La onda S demora 7 minutos más que la onda P, es decir 420 segundos de diferencia, por lo que podemos escribir:

$$t_s = t_p + 420$$

- Reemplazando en la ecuación 1 obtenemos:

$$12 \cdot t_p = 7 \cdot (t_p + 420)$$
$$12 \cdot t_p = 7 \cdot t_s + 2940$$

- Juntando términos podemos despejar t_p

$$12 \cdot t_p - 7 \cdot t_p = 2940$$
$$5 \cdot t_p = 2940$$
$$t_p = 2940/5$$
$$t_p = 588\ s$$

- Reemplazando el tiempo en la ecuación inicial para la distancia de la onda P obtenemos:

$$d_p = 12\frac{km}{s} \cdot 588\ s$$
$$\mathrm{d_p} = 7056\ \mathrm{km}$$

Por lo tanto, la distancia a la que se ubica el hipocentro de la estación de monitoreo es de 7.056 km.

Por efectos del terremoto que afectó a la zona central de Chile el 27 de febrero del año 2010, se produjo un tsunami que se extendió por toda la costa de la zona central. En la fotografía se pueden apreciar algunos de los efectos del tsunami sobre el puerto de Talcahuano.

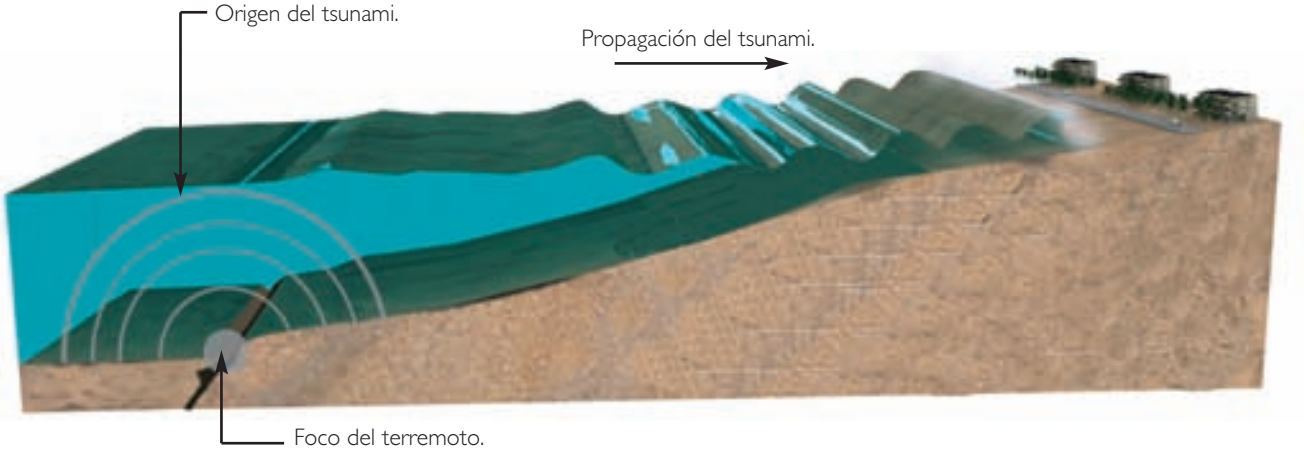
4.3. Efectos de los grandes sismos o terremotos

a. Tsunamis y maremotos

¿Te has fijado que al lanzar una piedra en el agua se forman ondas alrededor del punto donde cayó? Al lanzar la piedra haces que el agua se mueva en forma vertical, generando ondas que se propagan en todas direcciones.

Algo similar ocurre cuando el epicentro de un terremoto se produce en regiones marítimas. Se generan movimientos de la corteza oceánica y, como consecuencia, el movimiento vertical de las aguas que se encuentra sobre él. Este movimiento hacia arriba y hacia abajo de las masas de agua provocan un cambio en el nivel en la región donde se produce. Al volver el mar a su nivel original, genera una serie de ondas que se propagan en todas las direcciones.

Comúnmente, los términos tsunami y maremoto son considerados sinónimos. Sin embargo, no son exactamente lo mismo: el **maremoto** es la invasión de las aguas oceánicas sobre la costa por una gran ola llamada **tsunami**. Un tsunami puede alcanzar una longitud de onda de hasta 100 km y su velocidad de propagación puede estar comprendida entre los 700 y 1.000 km/h, lo que varía según la profundidad del agua. En alta mar, donde el fondo puede estar a unos 4.000 m, la altura de la ola no sobrepasa los 50 cm, pero a medida que se acerca a la costa, la velocidad de propagación disminuye y la altura aumenta. Una ola puede alcanzar una altura de 30 m y más.



El maremoto está formado por varias olas que llegan con una diferencia de unos 15 a 20 minutos. Luego de la primera ola, que no es de gran magnitud, el mar se recoge, disminuye el nivel en la costa, y las olas siguientes serán de gran altura.

Si bien no se puede predecir cuándo y dónde ocurrirá un tsunami, en 1946, después del maremoto que arrasó Hawai, se creó una red de alerta de tsunamis. El Departamento de Alerta Temprana de Tsunamis de Hawai cuenta con un sofisticado sistema de monitoreo satelital de las costas del Pacífico, que permite alertar a la población de la llegada inminente de las olas, minutos después de generado el tsunami en el océano. Gracias a esto es posible evacuar a tiempo las zonas pobladas. En Chile, el Servicio Hidrográfico de la Armada es el organismo encargado de recibir esta señal de alerta y comunicarla oportunamente a la región amenazada de nuestro país.

b. Cambios en la geografía

Analizar

Actividad 4

Grandes colisiones entre placas

Para esta actividad necesitarás 2 trozos de goma eva.

1. Coloca los trozos de goma juntos sobre una superficie horizontal y presiona sobre ambos, uno contra el otro. Observa qué ocurre y responde las siguientes preguntas:
   a. Si dos placas de densidades similares chocan y una no queda debajo de la otra, ¿qué ocurrirá?
   b. ¿Qué efectos podría producir esto en la geografía de la Tierra?

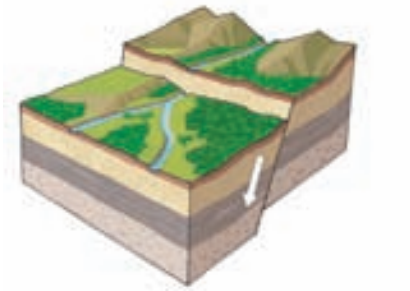
Un sismo de gran magnitud provoca una gran ruptura debido a la cantidad de energía que libera. Esto produce alteraciones visibles con el transcurso del tiempo en la geografía de la Tierra.

Las grandes colisiones entre placas son las que han dado origen a las cadenas montañosas, debido a que se producen **pliegues en la corteza terrestre**, tal como observaste en la actividad anterior. Estos pliegues, además, compactan y deforman la roca que forma la corteza.

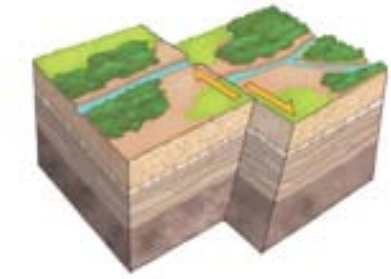
Otro fenómeno que se produce por movimiento de placas son las **fallas**. Estas son fracturas de gran longitud, que pueden ser de distintos tipos.

En Chile existen muchas fallas geológicas, entre las más importantes se cuentan la de San Ramón al oriente de Santiago. Esta corresponde a una falla inversa la que es responsable de la formación de la sierra de Ramón, una cordillera de 25 km de largo. La falla Liquiñe-Ofqui se extiende cerca de 1.000 km en la zona sur de Chile, debido a ella existe gran actividad volcánica en la zona.

Es común en zonas montañosas observar algunos pliegues en la corteza.



Una **falla normal** se produce en una región donde las rocas se están separando. Las rocas de un lado se hunden con respecto a las otras.



Las **fallas de rumbo** se producen en una región en la que el movimiento relativo de las rocas es horizontal y paralelo respecto del plano de separación entre ellas.

En las **fallas inversas** se comprimen las rocas unas contra otras, lo que produce que una roca ascienda con respecto a la otra.

En el año 2004, debido al terremoto y posterior maremoto en Asia, se produjo una elevación del fondo marino en una superficie de miles de kilómetros cuadrados. Además, este maremoto provocó un pequeño cambio en la velocidad de rotación de la Tierra que produjo a su vez una variación en la duración del día y de la noche que es imperceptible para nosotros.

4.4 Actividad sísmica en Chile

¿Cuándo fue el último sismo que sentiste? ¿Con qué frecuencia crees que se produce un sismo en nuestro país? En Chile se producen sismos de pequeña intensidad todos los días. La mayoría son imperceptibles para las personas y solo son captados por instrumentos. Sin embargo, cada cierto tiempo se producen sismos de mayor intensidad, que sí podemos percibir y, en algunos casos, se han producido sismos de gran intensidad o terremotos.

El sismo de mayor magnitud que se ha registrado se produjo en nuestro país en Valdivia el año 1960. En la escala de Richter tuvo una magnitud de 9,5 grados y en la escala Mercalli fue grado XII. Después de este terremoto, la geografía del lugar cambió completamente, además de la gran destrucción de construcciones, como casas, caminos y puentes, algunas islas se hundieron completamente, incluso hubo ríos que cambiaron su curso después del terremoto (el agua fluye en sentido contrario).

Un terremoto que seguramente recuerdan tus padres, se produjo en la región central, el 3 de marzo de 1985. Su magnitud fue de 7,8 en la escala de Richter y su intensidad fue grado VIII en la escala Mercalli. El epicentro estuvo en el mar, entre Valparaíso y Algarrobo, a 20 km de la costa y su hipocentro a unos 15 km de profundidad. Este sismo se percibió desde la II a la IX región, siendo Santiago y San Antonio las zonas más afectadas.

El terremoto más reciente que ha afectado a nuestro país se produjo en la zona centro, la madrugada del 27 de febrero de 2010, con una magnitud de 8,8 grados en la escala de magnitud de momento (Richter) y una intensidad grado IX en la escala Mercalli. El epicentro se ubicó en el mar, aproximadamente a 63 km al suroeste de la ciudad de Cauquenes y a una profundidad de unos 47 km. Debido a la ubicación del hipocentro, se produjo un tsunami que afectó a las principales localidades costeras entre la V y VIII regiones, incluyendo al archipiélago de Juan Fernández. Este terremoto se constituye en el segundo más importante registrado en Chile, después del terremoto de Valdivia en 1960.

¡! Reflexionemos

Cuándo se produce un sismo de gran magnitud, los daños que se producen son cuantiosos; mucha gente pierde su hogar y sus bienes materiales. ¿Cómo podrías ayudar en caso de que ocurra un terremoto? ¿Qué crees que es lo más importante que se debe hacer? ¿Cómo podrías incentivar a tu familia y amigos a ayudar?

Daños ocasionados por el terremoto en la ciudad de Concepción, el año 2010.

Ciencia-Tecnología-Sociedad

Animales sismólogos

Si bien los sismos y terremotos no son posibles de predecir, podemos observar que el comportamiento de algunos animales cambia momentos antes de producirse un movimiento telúrico. Muchas veces se asocia con la casualidad o simplemente no se le da una explicación científica. Ante las múltiples evidencias, se ha comenzado a estudiar estos comportamientos, tomando a los animales como "sensores de los sismos".

En el último tiempo, sismólogos, biólogos, geofísicos y geólogos se han dedicado a investigar la relación entre los cambios que experimenta la Tierra y las reacciones de algunos animales. A este estudio se le ha llamado "biopronóstico".

Los científicos han pasado siglos buscando una explicación lógica a ciertas manifestaciones animales, como por ejemplo, aquellas que en el año 2004, frente al maremoto del océano Índico, llamaron muchísimo la atención: en el Parque Nacional de Yala, en la costa oeste de Sri Lanka, no se encontró ningún animal muerto... todos lograron ponerse a salvo antes de producido el maremoto.

Las aves se congregaron en bandadas y volaron hacia el interior de las llanuras, los elefantes emprendieron una retirada hacia las montañas, seguido de búfalos y los ciervos siguieron sus pasos. Nadie se habría imaginado que en ese momento, a pocos kilómetros de allí y bajo las aguas del Índico, se acababa de producir el mayor terremoto registrado en la Tierra desde hacía 40 años. ¿Cuáles son las señales que permitirían a los animales detectar los terremotos? Las investigaciones de geólogos y zoólogos han planteado lo siguiente:

- Primero. Se producen cambios en el equilibrio eléctrico del aire cuando los movimientos tectónicos liberan cargas eléctricas por la flexión de los minerales.
- Segundo. El movimiento y la fractura de la corteza terrestre producen gran cantidad de ruido; ondas sonoras de muy baja intensidad que se adelantan al sismo como aviso de la ruptura.
- Tercero. Hay un afloramiento de gases subterráneos, especialmente radón, que permanece en el subsuelo antes de los grandes terremotos.
- Cuarto. Cuando el calor originado por la fricción y la ruptura de las rocas alcanza las aguas subterráneas, se genera vapor que escapa a la atmósfera formando nubes serpentiformes.
- Por último, la actividad sísmica produce cambios en el magnetismo terrestre.

Las variaciones eléctricas, magnéticas, sonoras, visuales y olfativas descritas son perceptibles por los sentidos, siempre y cuando estas sean lo suficientemente agudas. De todas estas variaciones, el ser humano solo puede percibir las visuales, pero las nubes de los terremotos no siempre se producen, y en caso de que así fuera, habría que saber interpretarlas. Muchos animales sí son capaces de percibir estos cambios, por lo que el estudio de su comportamiento podría permitirnos la detección temprana de un movimiento sísmico.

Fuente: www.entelchile.net/familia/animales/animales_sensores/sensores.htm

Sintetizar-analizar

Actividad 5

Medidas ante un sismo

Debido a que Chile es un país altamente sísmico, debemos conocer cuáles son las medidas que hay que adoptar antes, durante y después de un terremoto.

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco estudiantes y averigüen qué medidas de precaución es necesario adoptar durante y después del mismo. Expongan sus conclusiones ante el curso.

Algunas preguntas que podrían orientar la elaboración del conjunto de medidas son:

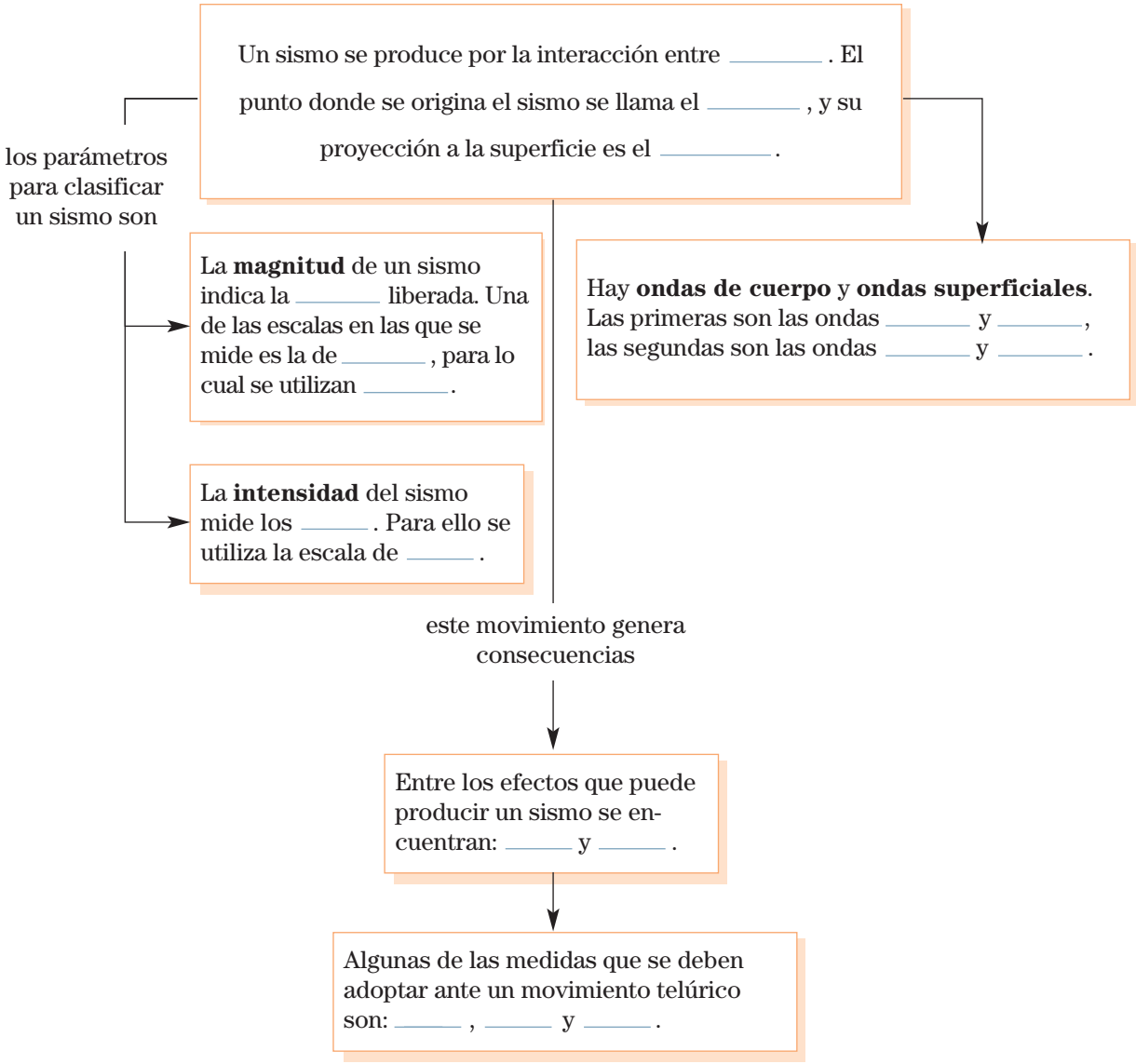
- ¿Es importante revisar la estructura de nuestra casa?, ¿por qué?, ¿qué fallas podrían aumentar los daños en un sismo?
- ¿Sabes dónde están las llaves que cortan el agua y el gas y dónde está el interruptor de la electricidad en tu casa?, ¿por qué es importante conocer su ubicación?
- Si un sismo ocurriese cuando estás en el colegio, ¿sabrías qué hacer?, ¿existen todas las medidas de prevención en tu colegio?
- ¿Has participado en las prácticas del Plan Cooper de tu colegio?, ¿sabes cuáles son las zonas más seguras del establecimiento?
- Si estás cerca de las ventanas, ¿qué deberías hacer?
- Si estás en tu casa, ¿es conveniente que salgas de ella?, ¿por qué?
- ¿Cuáles son los lugares más seguros en tu casa? Nómbralos.
- Si ocurre un sismo cuando estás en la calle, ¿con qué cosas debes tener precaución?
- ¿Sabes a quién tendrías que llamar en caso de emergencia?
- Si estás en un lugar con más personas, ¿cómo podrías colaborar a mantener la calma durante un sismo?
- ¿Qué crees que es lo más importante que debes hacer en caso de un terremoto?

Inter@ctividad

En la siguiente página http://www.onemi.cl/html/archivo/seccion_1.html , ve a la sección de seguridad escolar, allí podrás descargar una guía de trabajo, cuyo objetivo es evaluar posibles riesgos en su colegio y las medidas a considerar ante un desastre. Pueden trabajarla de forma complementaria a la actividad 5.

Síntesis

- Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:


Un sismo se produce por la interacción entre _____. El punto donde se origina el sismo se llama el _____, y su proyección a la superficie es el _____.
los parámetros para clasificar un sismo son
La **magnitud** de un sismo indica la _____ liberada. Una de las escalas en las que se mide es la de _____, para lo cual se utilizan _____.
La **intensidad** del sismo mide los _____. Para ello se utiliza la escala de _____.
Hay **ondas de cuerpo** y **ondas superficiales**. Las primeras son las ondas _____ y _____, las segundas son las ondas _____ y _____.
este movimiento genera consecuencias
Entre los efectos que puede producir un sismo se encuentran: _____ y _____.
Algunas de las medidas que se deben adoptar ante un movimiento telúrico son: _____, _____ y _____.

Evaluación de proceso

1. ¿Qué parámetros se utilizan para medir un sismo en la escala Mercalli?
2. Explica cómo se propaga cada tipo de onda, tanto las de cuerpo como las superficiales.
3. ¿Cómo y por qué se produce un maremoto?
4. ¿Cúales son los efectos que puede causar un sismo de gran magnitud?

Indagación: Efectos del movimiento de placas

¿De qué manera se puede liberar la energía del interior de la Tierra?

La Tierra almacena una gran cantidad de energía en su interior; una forma que tiene para liberarla es mediante los sismos, los que ocurren en las regiones donde se encuentran las placas. Sin embargo, hay otras regiones donde también se produce esta liberación de energía. ¿Cómo crees que se puede liberar energía en regiones donde no hay separación entre placas? Plantea una hipótesis en tu cuaderno para responder esta pregunta.

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y realicen lo siguiente:

Materiales

- 2 velas.
- Recipiente pequeño que sea resistente al calor.
- Agua.

Procedimientos

1. Partan una de las velas en trozos y pónganlos dentro del recipiente.
2. Bajo el recipiente enciendan la otra vela, de modo que se derrita la cera. Para evitar situaciones de riesgo, tengan precaución de no calentar mucho la cera.
3. Cuando se encuentre toda la cera derretida, déjenla enfriar hasta que se forme una capa sólida en la superficie.
4. Sobre esta capa sólida agreguen agua, de modo que quede aproximadamente 1 cm sobre el nivel de la cera.
5. Vuelvan a calentar el recipiente y observen lo que sucede.
6. Anoten sus observaciones.

Análisis

A partir de lo observado, respondan en el cuaderno las siguientes preguntas:

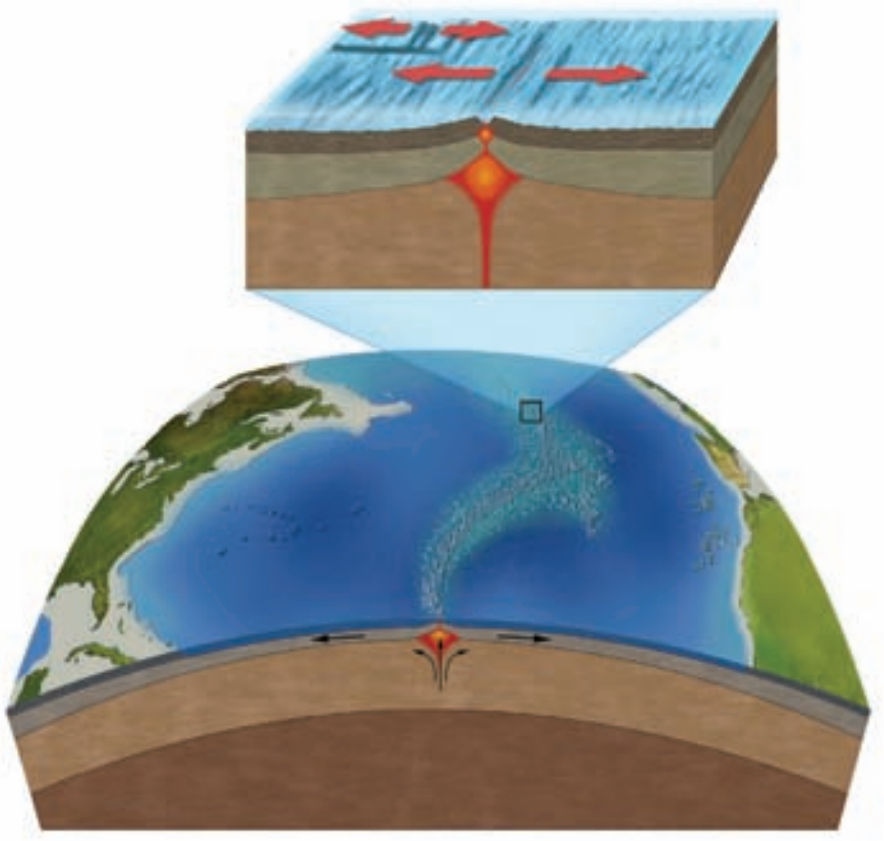
a. ¿Qué ocurre al calentar la cera por segunda vez?
b. ¿Por qué creen que sucede esto?
c. ¿De qué forma se libera la energía acumulada?
d. ¿Qué analogía pueden establecer entre la actividad y las capas de la Tierra?
e. A partir de lo observado, ¿comprobaron la hipótesis planteada? Expliquen.

5. Volcanes

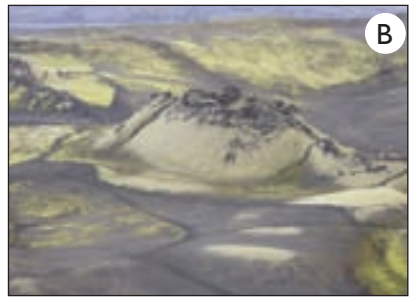
5.1. ¿Cómo se forma un volcán?

Si hay una fisura en la corteza, entonces habrá una emanación de magma que al enfriarse formará una montaña; a este lugar de emanación de material fundido se le denomina **volcán.** En su interior se forma una abertura, la que utilizará el material incandescente para salir (similar a lo que observaste en la indagación anterior). En la cima de este cono se forma una cavidad, conocida como cráter. Según la forma de este cráter, los volcanes se clasifican en puntuales y fisurales. Los **volcanes puntuales** presentan forma de montaña con un cráter de forma aproximadamente circular; los **volcanes fisurales** cuentan con una grieta o fisura como abertura, la que puede ser de gran longitud.

La mayor cantidad de volcanes se encuentra cerca de la unión entre placas, debido a que allí se libera la energía con más facilidad. Sin embargo, también encontramos volcanes en la corteza oceánica, específicamente en las dorsales oceánicas. Estas son relieves o cordilleras submarinas donde se produce un adelgazamiento de la corteza, lo que permite el ascenso de magma. Las dorsales son límites entre placas tectónicas que se alejan unas de otras; por esto se llaman "límites divergentes".



Se puede observar que la distribución de los volcanes se concentra principalmente en las regiones cercanas a la unión entre placas.



Los volcanes puntuales (A) son los más reconocidos, principalmente porque tienen forma de montaña. Sin embargo, un volcán fisural (B) presenta el mismo comportamiento.

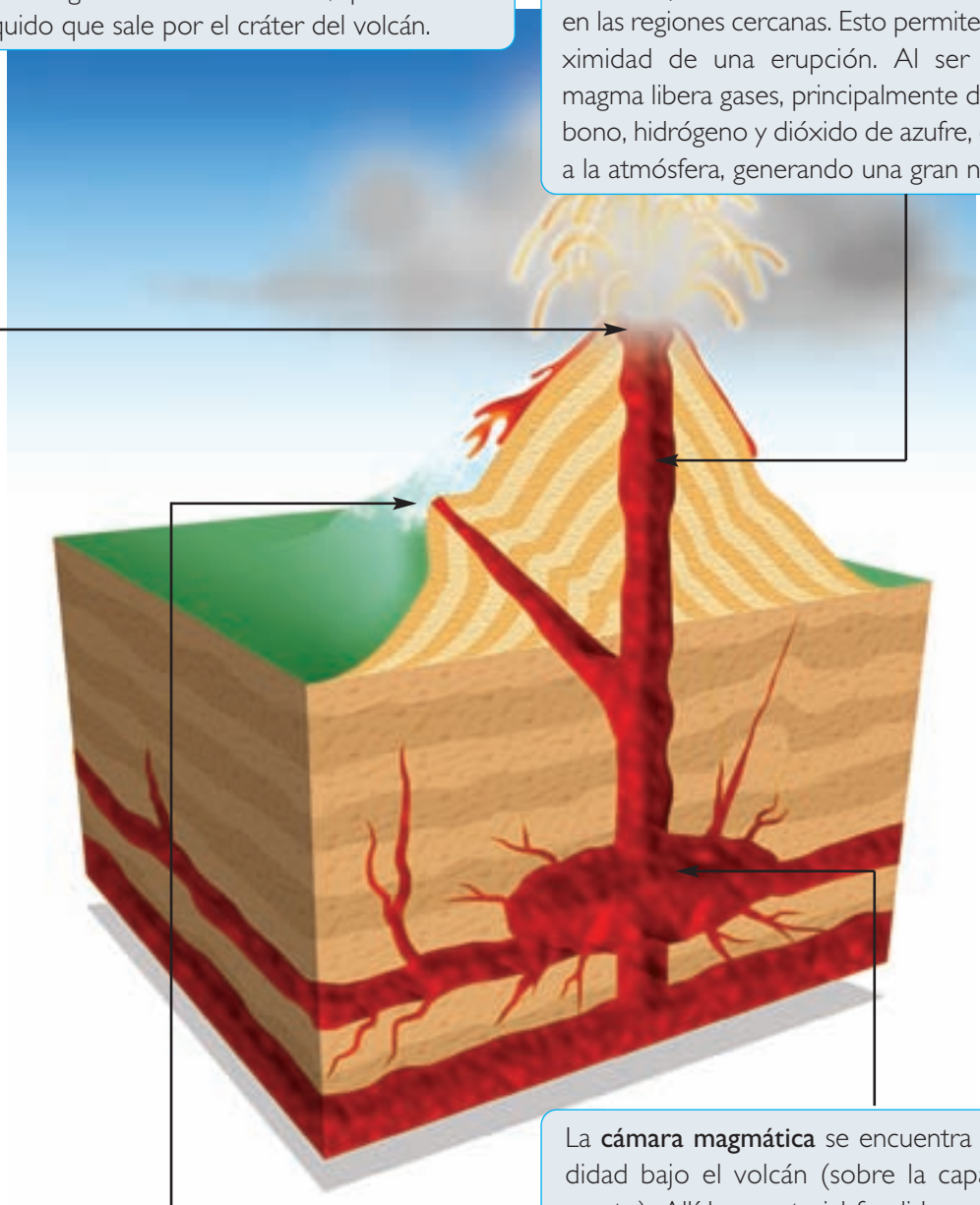
Inter@ctividad

En la dirección www.astromia.com/tierraluna/tipovolcanes.htm encontrarás más información acerca de los volcanes y su clasificación.

5.2 Descripción de un volcán

El **cráter** es la cavidad que hay en la cima del cono; es la parte superior y visible del volcán, por la cual emerge el magma convertido en lava, que es el material líquido que sale por el cráter del volcán.

La **chimenea** es el conducto que tiene el volcán en su interior, por el que emerge el magma, lo que aumenta la presión en la chimenea, causando, sismos en las regiones cercanas. Esto permite alertar la proximidad de una erupción. Al ser expulsado el magma libera gases, principalmente dióxido de carbono, hidrógeno y dióxido de azufre, que ascienden a la atmósfera, generando una gran nube tóxica.



El **cono** es la parte visible del volcán. Se forma con el mismo material que expulsa, el cual se va acumulando alrededor de la fisura, y al enfriarse se solidifica. Las distintas formas y tamaños de los volcanes dan lugar a su clasificación.

La **cámara magmática** se encuentra a gran profundidad bajo el volcán (sobre la capa superior del manto). Allí hay material fundido, gases disueltos y rocas en estado sólido debido a la presión. A esta mezcla de materiales se les llama magma. En las grandes erupciones hay mucho material expulsado, lo que genera una inestabilidad del volcán, causando que parte de él se hunda.

5.3 Efectos de la actividad volcánica

¿Has visto en noticias o en fotografías la erupción de un volcán? ¿Qué efectos produce la erupción de un volcán en poblados o zonas cercanas? ¿Podría haber algún beneficio en la actividad volcánica?, ¿cuál?

El volcán Vesubio fue el responsable de la desaparición de la ciudad de Pompeya, ubicada al sur de Roma.

Una actividad volcánica suele asociarse con grandes desastres: los pueblos cercanos quedan cubiertos por la ceniza y por la lava, muchas veces de forma violenta como ocurrió el año 79 d. C. donde la erupción del Vesubio sepultó la ciudad y los habitantes de Pompeya. Generalmente, gran cantidad de la flora y fauna mueren debido a la composición química de la nube tóxica y las cenizas. Se envenenan las fuentes de agua con grave riesgo para la salud humana, la ganadería y la agricultura.

Sin embargo, las regiones volcánicas no son siempre tan dañinas. Uno de los beneficios de estas regiones es poseer fuentes termales: aguas que provienen de capas subterráneas de la Tierra a altas temperaturas y ricas en minerales y que constituyen atractivos turísticos. Los géiseres también son consecuencia de la actividad volcánica. A través de fisuras son expulsados agua y vapor a altas temperaturas debido al contacto con la roca volcánica caliente. La altura de los géiseres puede alcanzar los 100 m. En países como Islandia, los géiseres también son aprovechados en la producción de energía geotérmica.

En la Región de Antofagasta, a unos 90 km de San Pedro de Atacama se encuentran los géiseres del Tatio, lugar de gran atractivo turístico.

La cordillera de los Andes presenta gran actividad volcánica, ya que se habría formado por acumulación de magma que al enfriarse se solidificó, generando así esta gran cadena montañosa. Pero no solo las cordilleras se han formado por acumulación de magma; también islas como el archipiélago de Hawai se han formado por actividad volcánica. En Chile también encontramos islas cuyo origen es volcánico.

Ten presente que:

- existen distintos tipos de erupciones volcánicas. En algunos casos la lava fluye con facilidad por las laderas; pero, en otras ocasiones, cuando la lava es muy viscosa, se enfría rápidamente, produciéndose principalmente emanación de cenizas y gases tóxicos.

5.4 Actividad volcánica en Chile

El volcán Villarrica se encuentra ubicado en la IX Región de la Araucanía. La última erupción de este volcán fue en 1984.

En el año 2008 fuimos testigos de la erupción del volcán Chaitén, ubicado en el sur de nuestro país. Pero ¿qué tan frecuente es la actividad volcánica en Chile?

En la cordillera de los Andes, en territorio chileno, existen aproximadamente 3.000 volcanes, de los cuales 500 son considerados geológicamente activos. En los últimos 450 años se han producido más de 300 erupciones volcánicas, lo que nos indica que la actividad volcánica es un fenómeno común en nuestro país. Los volcanes más activos en Chile son el Villarrica y el Llaima.

Para que un volcán sea considerado activo tiene que haber tenido actividad dentro de los últimos 2.000 años; sin embargo, hay volcanes que, siendo considerados inactivos, han generado las mayores erupciones registradas.

En Chile, los volcanes se dividen según su ubicación geográfica.

Los **volcanes del Norte Grande** son menos activos que los del Centro Sur, y se encuentran, por lo general, lejos de lugares poblados.

Los **volcanes del Centro Sur** son los más activos del país. De acuerdo con algunos estudios, en una época prehistórica estos presentaron grandes erupciones, expulsando torrentes de ceniza incandescente que llegaron hasta la cordillera de la Costa.

Los **volcanes australes** tienen grandes y gruesos casquetes de hielo. La mayoría de ellos se encuentra lejos de lugares poblados, y sus erupciones muestran escasa cantidad de lava.

Los **volcanes insulares** se encuentran en el territorio antártico chileno, siendo la isla Decepción, muy activa en los últimos tiempos, llamada "la gran caldera".

Reflexionemos

¿Qué hacer en caso de una erupción volcánica?

Si vives en una región de actividad volcánica, debes adoptar las siguientes medidas:

- Participar en los planes de preparación de evacuación del lugar.
- Mantenerte informado acerca del estado de la actividad volcánica
- No acercarte a las zonas de riesgo establecidas por las autoridades.
- Disponer siempre de reservas de alimentos, agua y elementos de primeros auxilios.

En caso de erupción, deben mantenerse cubiertos los alimentos y el agua para evitar su contaminación, utilizar mascarillas, toallas y pañuelos húmedos para respirar, y reunirse en un lugar seguro.

Observar-comparar

Actividad 6

Modelando un volcán

La erupción de un volcán se produce por liberación de energía. Ante un aumento de presión y reacciones químicas en el interior (cámara magmática); se libera el material que conocemos como lava.

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y consigan los siguientes materiales:

- Botella plástica pequeña (de unos 330 ml)
- Barro
- Trozo de cartón piedra
- Vinagre
- Bicarbonato sódico
- Jabón líquido
- Ají de color o colorante vegetal rojo
- Agua
- Lentes para protección

Procedimiento

1. Pongan la botella plástica en el centro del trozo de cartón. Para realizar el volcán deben cubrir los lados con barro; también pueden utilizar greda. Cuiden de no realizar la ladera muy pronunciada, para que la lava baje lentamente.
2. Pongan en el interior de la botella dos cucharadas de bicarbonato. A continuación agreguen jabón líquido. Para lograr una lava de mayor consistencia pueden remplazar el jabón por agua y harina.
3. Añadan el colorante y revuelvan bien utilizando una varilla.

4. Pónganse los lentes y agreguen un chorro de vinagre en la botella. Mantengan la botella tapada por unos instantes y luego aléjense.

A continuación, respondan las siguientes preguntas.

a. ¿Qué similitud hay entre este experimento y un volcán real?

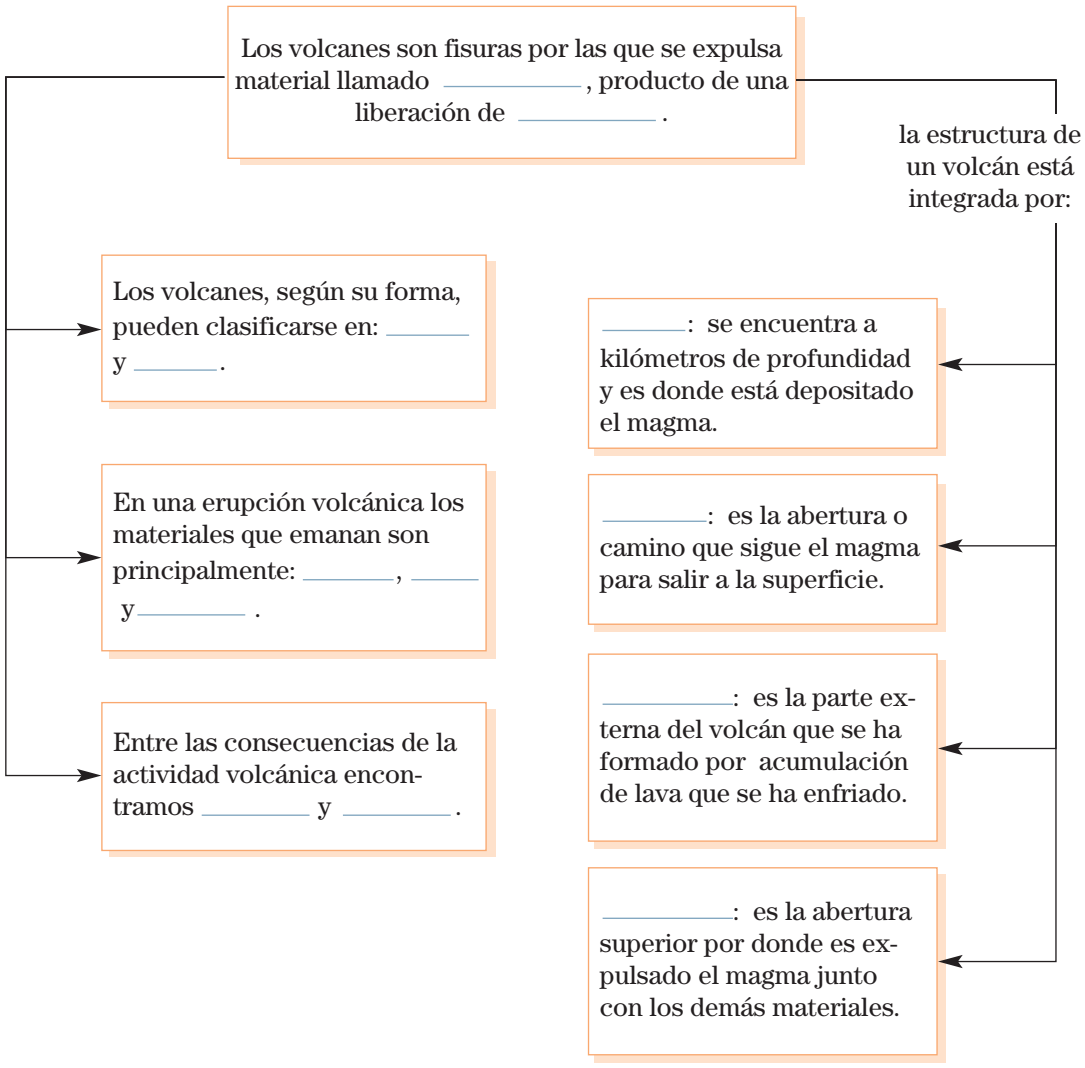
b. ¿Por qué sale el material que se encuentra en el interior de la botella?

c. ¿Qué efecto se produce al mantener tapada la botella durante unos momentos?, ¿cómo se relaciona esto con un volcán?

d. Anota tus observaciones e identifica en el modelo las partes que componen un volcán: cámara magmática, chimenea, cono y cráter.

Síntesis

- Copia y completa en tu cuaderno el siguiente esquema:


Los volcanes son fisuras por las que se expulsa material llamado _____, producto de una liberación de _____.
la estructura de un volcán está integrada por:
Los volcanes, según su forma, pueden clasificarse en: _____ y _____.
En una erupción volcánica los materiales que emanan son principalmente: _____, _____ y _____.
Entre las consecuencias de la actividad volcánica encontramos _____ y _____.
_____: se encuentra a kilómetros de profundidad y es donde está depositado el magma.
_____: es la abertura o camino que sigue el magma para salir a la superficie.
_____: es la parte externa del volcán que se ha formado por acumulación de lava que se ha enfriado.
_____: es la abertura superior por donde es expulsado el magma junto con los demás materiales.

Evaluación de proceso

1. ¿Cuál es el origen de los volcanes?
2. ¿Por qué Chile posee gran actividad volcánica? Explica.
3. ¿Cuáles son los principales efectos nocivos de una erupción volcánica?
4. Describe brevemente la estructura de un volcán.

Indagación: Cambios en la superficie de la Tierra

¿Qué factores influyen en el cambio del paisaje de la Tierra?

Hasta el momento, solo hemos estudiado los cambios en la geografía producidos por la energía interna de la Tierra. Sin embargo, también podemos observar otros tipos de cambios relacionados con el paisaje que observamos. En este caso, son otros los factores que intervienen sobre la Tierra para alterar la geografía. ¿Qué factores crees que son los que producen un cambio en el paisaje de la Tierra? Intenta dar una respuesta a esta pregunta, formulando una hipótesis.

Reúnanse en grupos de cinco integrantes y consigan los siguientes materiales:

Materiales

- Un pliego de cartón piedra.
- Arena.
- Ramitas de árbol.
- Vaso con agua.

Procedimiento

1. Coloquen el cartón sobre una superficie horizontal, idealmente el suelo, y luego pongan arena sobre él, de modo que no quede lisa, sino formando "cerritos".
2. Consideren dos sectores en la arena. En un sector ubiquen las ramas enterrándolas lo más profundo posible, de modo que semejen árboles. El otro sector quedará descubierto.
3. Sobre este montaje agiten un libro o un trozo de cartón para producir viento. Anoten en su cuaderno lo que observan.
4. Luego, de modo muy suave, dejen caer agua desde un extremo. Primero, en la parte que tiene las ramas de árbol, y luego, de la misma manera, sobre la superficie sin ramas. Anoten sus observaciones.

A partir de sus observaciones, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Qué ocurre con la arena al actuar el viento?

b. ¿Qué diferencia hay entre los dos tipos de superficie?

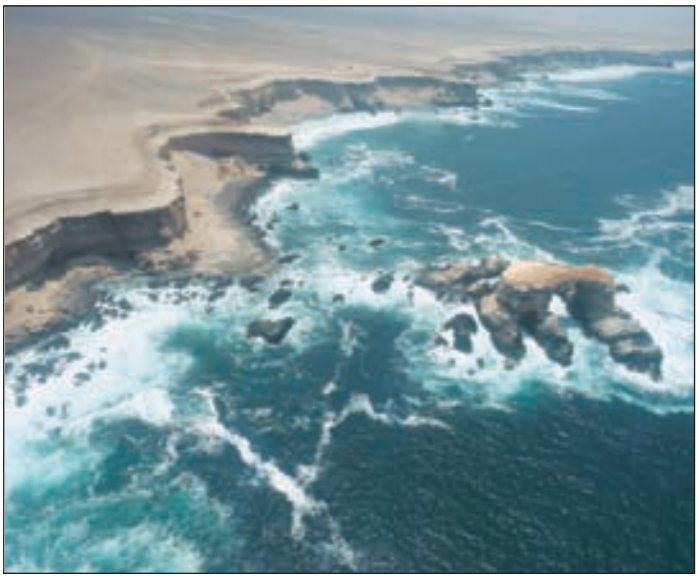
c. ¿Qué efecto tiene la caída y el escurrimiento del agua en cada caso?

d. ¿Cómo podrías relacionar estas observaciones con los paisajes que observas diariamente?

e. A partir del análisis realizado, ¿comprobaron la hipótesis planteada? Expliquen.

6. Un paisaje en constante cambio: la erosión

6.1 Origen y descripción



La forma del borde costero es resultado de la erosión producida por el mar.

Cuando observamos las montañas, los valles o las colinas, nos parece que nunca han sido alteradas; sin embargo, este paisaje no siempre ha sido así, está en continuo cambio. ¿Cuáles son los agentes que producen estos cambios? ¿Podrías nombrar algunos a partir de lo que observaste en la indagación?

La acción del agua y del viento es fundamental en este cambio del paisaje, junto con otros factores, como las variaciones de temperatura, los gases de la atmósfera y la acción de los seres vivos. Pero la fuente de todos estos agentes de cambio es la energía. La radiación solar, por ejemplo, produce que se evapore el agua. En la atmósfera, el vapor de agua se condensa y se forman las nubes. La fuerza de gravedad produce las precipitaciones, y por acción de la misma, el agua desciende por los terrenos. Otro ejemplo lo representan las diferencias de temperatura, las cuales producen los vientos, y estos, el oleaje sobre la superficie del mar que finalmente golpeará las rocas. A todo este conjunto de procesos mediante los cuales actúan agentes externos, desgastando y cambiando la superficie de la tierra se le llama **erosión**.

Cada agente de erosión producirá un desgaste distinto. Los cambios que producen las olas, por ejemplo, son diferentes a los cambios que produce el viento. Además, el efecto que pueda producir la erosión dependerá tanto de la intensidad con que actúe el agente erosivo como de la resistencia del material sobre el cual está actuando.

Observar-describir

Actividad 7

La acción del agua sobre las rocas

Para realizar esta actividad necesitarás un frasco con tapa, trozos de ladrillo, tiza y agua. Antes de realizar la actividad, observa la forma que tienen los trozos de ladrillo y la tiza y descríbelos en tu cuaderno.

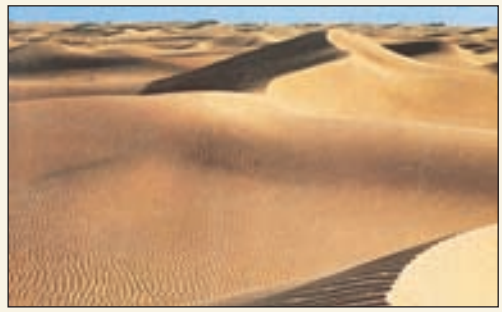
1. Pon los trozos de ladrillo en el frasco, cúbrelo con agua y cierra la tapa fuertemente.
2. Agítalo enérgicamente durante unos 5 minutos. Observa lo que sucede.
   a. ¿Qué ocurrió con la forma de los trozos de ladrillo y la tiza?
   b. ¿Qué observas en el fondo del frasco?
   c. ¿Qué fenómeno produce el agua al interactuar con los materiales?

6.2 ¿Cómo actúan los agentes de erosión?

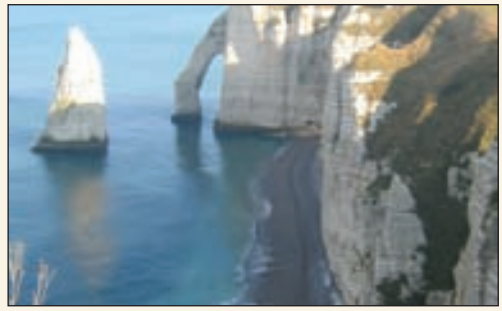
Ya sabes que el agua es un agente erosivo, al igual que el viento y los seres vivos, pero ¿de qué manera actúan estos sobre la superficie?

Erosión fluvial: corresponde a la transformación generada por el agua de los ríos que desgastan las superficies por donde pasan y arrastran restos de material, depositándolos en otros lugares. Esto forma nuevos suelos y produce un cambio en el paisaje. La energía del agua produce también desprendimiento de material, puliendo las superficies, lo que genera otro tipo de erosión: la interacción química del agua con el suelo. Por ejemplo, acción del agua, el carbonato insoluble se transforma en bicarbonato soluble, formándose cuevas subterráneas.

Erosión eólica: es producida por la acción del viento. La energía del viento no es suficiente para producir grandes cambios en la corteza, sin embargo, puede transportar pequeñas partículas que al interactuar con la roca producirán la erosión. En regiones áridas, como los desiertos, el viento es un agente muy importante en la geografía del lugar. A causa de él se forman las dunas, por ejemplo.



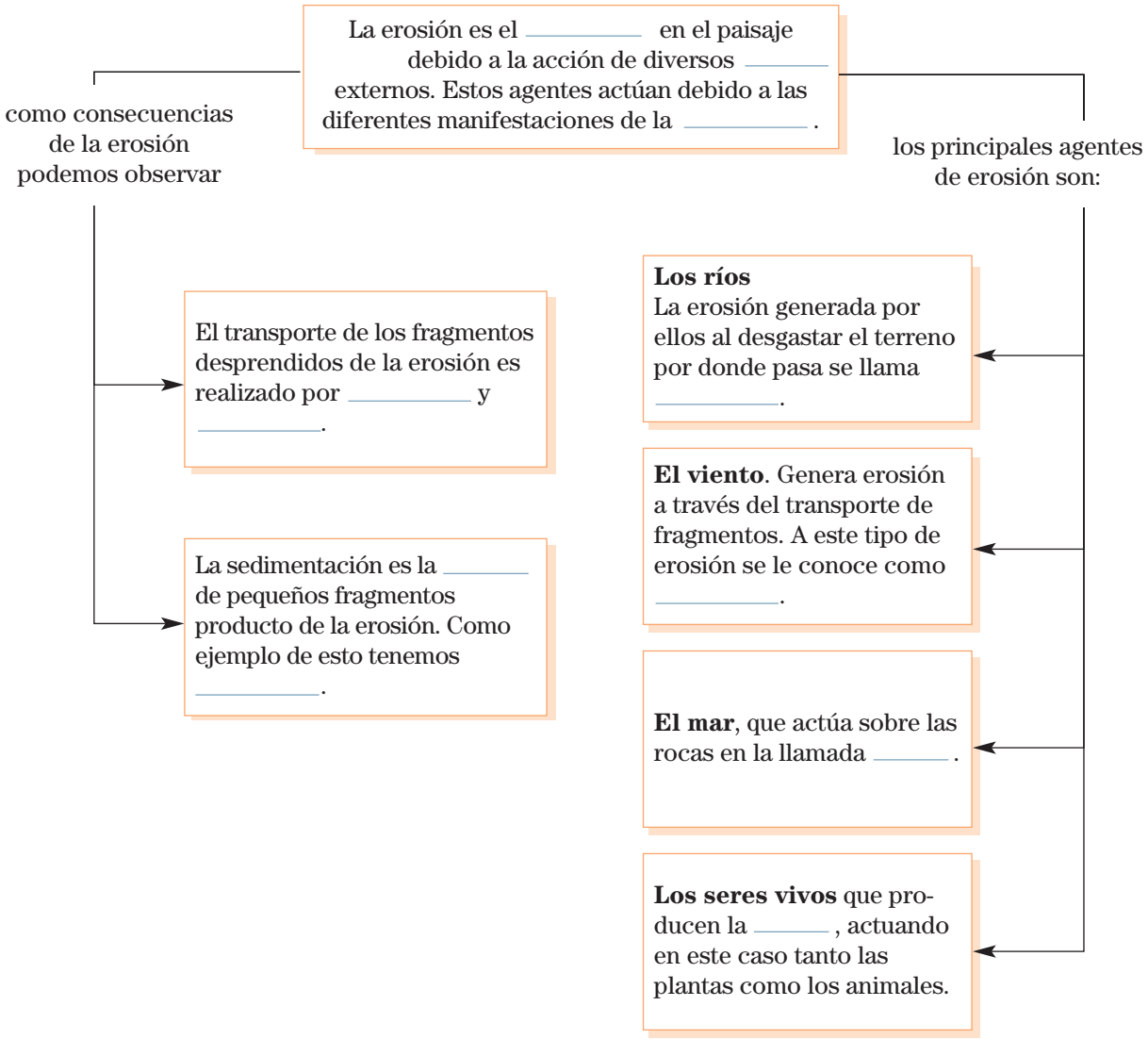
Erosión marina: en la costa hay una permanente interacción entre la corteza y el agua. Encontramos arena en la costa por el mismo motivo que quedaba polvillo acumulado en el fondo del frasco de la actividad anterior, esto es, la arena son partículas de rocas. Dependiendo del relieve es cómo será la erosión, se pueden formar playas en un lugar y acantilados en otro.



Erosión biológica: es causada por plantas y animales. Las raíces de las plantas producen extracción de sustratos, alterando el suelo, al igual que las plantas pequeñas. Los animales producen alteraciones de la vegetación, ya sea por excavaciones o por paso de grandes manadas por los terrenos. También los gusanos producen un cambio en la tierra, aireando el suelo y permitiendo así su interacción con el agua y el aire.

Síntesis

- Copia y completa en tu cuaderno el siguiente esquema:


La erosión es el _____ en el paisaje debido a la acción de diversos _____ externos. Estos agentes actúan debido a las diferentes manifestaciones de la _____ .
como consecuencias de la erosión podemos observar
los principales agentes de erosión son:
El transporte de los fragmentos desprendidos de la erosión es realizado por _____ y _____ .
La sedimentación es la _____ de pequeños fragmentos producto de la erosión. Como ejemplo de esto tenemos _____ .
Los ríos La erosión generada por ellos al desgastar el terreno por donde pasa se llama _____ .
El viento. Genera erosión a través del transporte de fragmentos. A este tipo de erosión se le conoce como _____ .
El mar, que actúa sobre las rocas en la llamada _____ .
Los seres vivos que producen la _____ , actuando en este caso tanto las plantas como los animales.

Evaluación de proceso

1. ¿Cómo influyen los distintos tipos de erosión en el cambio del paisaje?
2. ¿Qué consecuencias negativas crees que trae la erosión?
3. ¿Qué tipo de erosión genera principalmente desiertos?, ¿qué medidas se podrían adoptar para detener su avance?

Ciencia-Tecnología-Sociedad

¿Cómo detener el avance de los desiertos?

Los desiertos, que son producto de la erosión causada por la acción del viento o del agua, no son estáticos, sino que su extensión va aumentando debido a la continua acción de los agentes de erosión. Esto trae como consecuencia la pérdida de campos de cultivo, disminuyendo la agricultura y el terreno fértil.

Se ha determinado que los desiertos avanzan en promedio 650.000 hectáreas por año. Según la ONU, unos 1.000 millones de personas están en riesgo a causa de la desertificación. ¿Se puede detener este proceso?

Durante los últimos años se ha trabajado fuertemente para lograr esto. Si la deforestación produce un aumento en la capacidad de erosión por el viento o el agua, entonces la forestación disminuiría el impacto de estos agentes. Para evitar el avance de los desiertos se ha comenzado a plantar árboles alrededor de ellos. Con esto se reduce el impacto del viento y del agua, con lo que se impide que aumente la erosión en los lugares aledaños.

El proyecto más grande de forestación es el llamado "Gran Muralla Verde del norte de África". Esta pretende detener el avance de la desertificación en esta zona erigiendo una muralla de árboles desde el océano Atlántico hasta el Índico. Esto implica una franja de 7.000 km de longitud y 5 km de ancho, lo que significa plantar 70 millones de árboles.

Otro proyecto de muralla verde ya se ha iniciado en China para detener el avance del desierto del Gobi, que se extiende 2.460 km^2 al año, reforestando más de 7.000 km^2.

Este proceso, implementado tanto en África y en China como en otras regiones del mundo, requiere, además de plantar los árboles, un estudio de las distintas especies que pueden crecer en el lugar escogido. Este tipo de acciones cobra gran relevancia, si pensamos que en algunos lugares los desiertos se han acercado a las ciudades, produciendo la emigración de pueblos completos.

Fuente: Archivo Editorial.

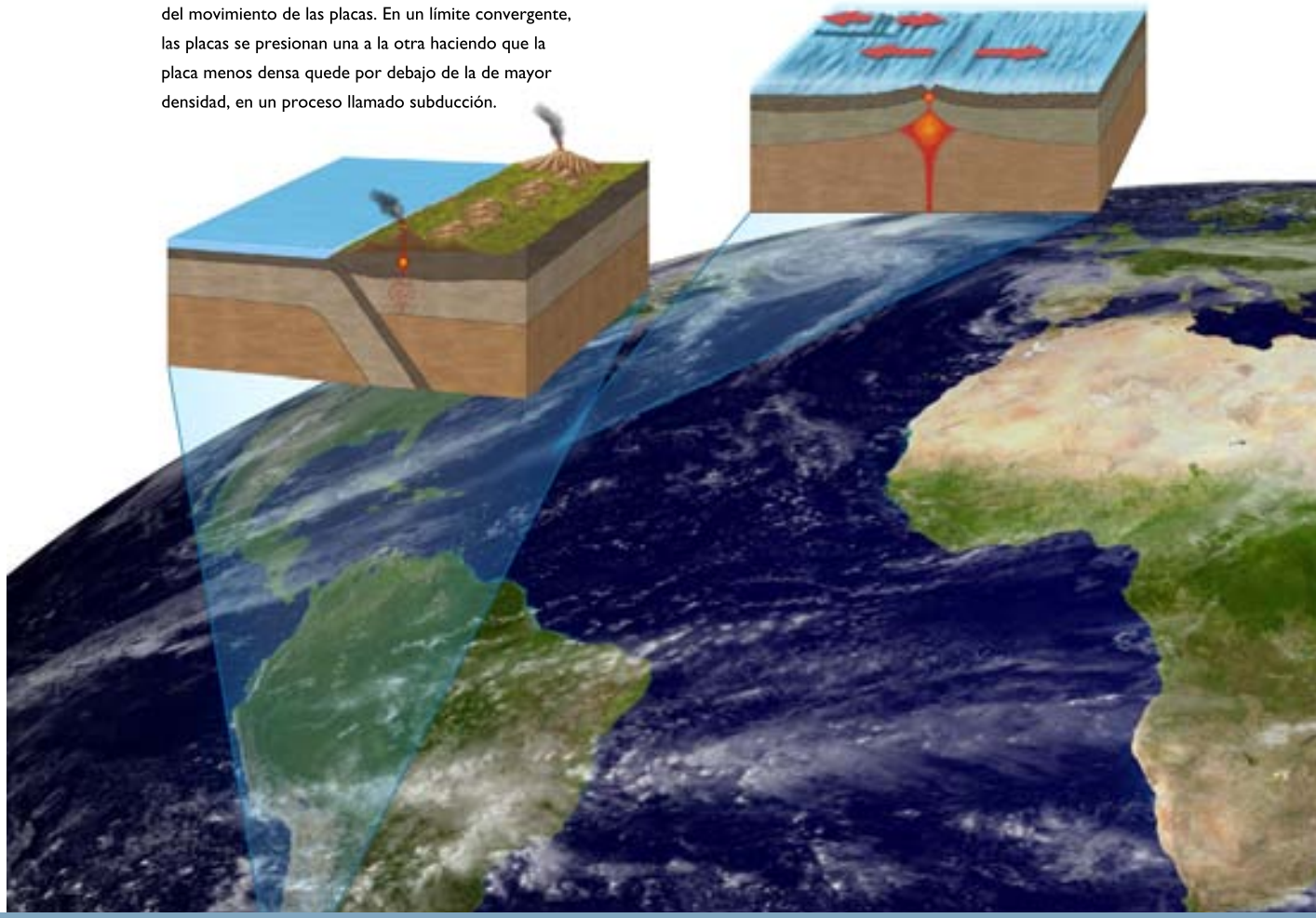
En relación a la lectura, responde las siguientes preguntas:

a. ¿Crees que el ser humano tiene alguna responsabilidad en el proceso de erosión?

b. ¿Qué importancia le asignas a los esfuerzos por detener el avance del desierto?

La actividad volcánica en la Tierra es una consecuencia del movimiento de las placas. En un límite convergente, las placas se presionan una a la otra haciendo que la placa menos densa quede por debajo de la de mayor densidad, en un proceso llamado subducción.

En parte del relieve submarino existen los llamados límites divergentes, regiones donde las placas se separan una de la otra. En dichas zonas se presenta gran actividad volcánica y emanación de magma.



Línea de tiempo

78-139

Bajo la dinastía Han, China prospera en agricultura, comercio e industria. Se inventa el papel y se crea la ruta de la seda.

1850-1914

A comienzos del siglo XX surge en Italia el fascismo, liderado por Benito Mussolini.

1857-1936

En la primera década del siglo XX, hay conflictos entre Rusia, Croacia, Serbia y Turquía, comenzando la primera guerra de los Balcanes.

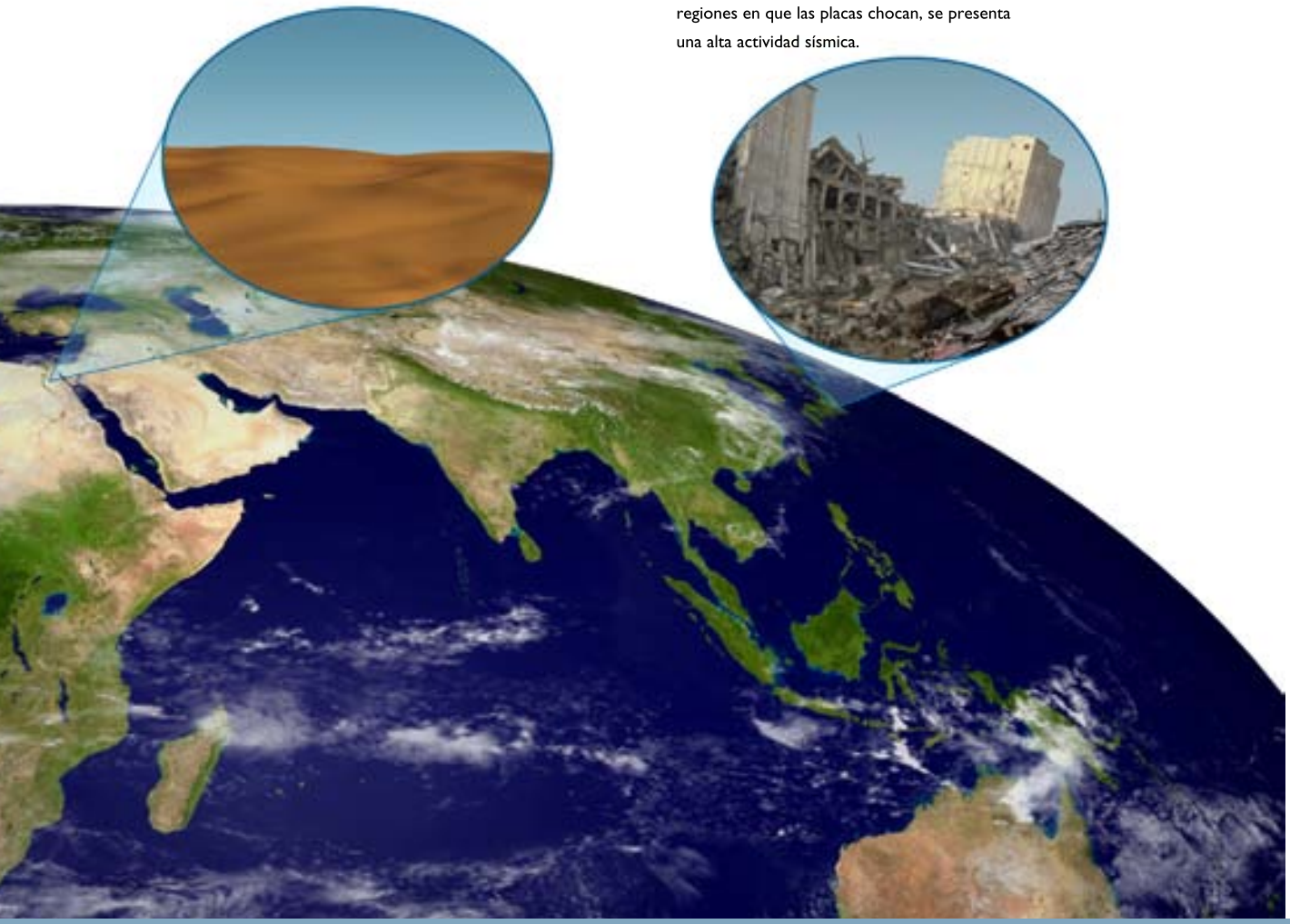
El científico chino Zhang Heng inventa el primer sismógrafo, que consistía en una vasija que amplificaba el movimiento de la Tierra, con bolas en su interior, las cuales se movían.

Giuseppe Mercalli sismólogo italiano, propone en 1902 la escala que lleva su nombre. Esta clasifica la intensidad de los sismos.

En 1909, el sismólogo croata Andrija Mohorovicic define la diferencia entre la corteza y el manto. La discontinuidad que separa dichas capas lleva su nombre.

La superficie de la Tierra se ve afectada por la acción de los elementos, los que generan un cambio en el paisaje a lo largo del tiempo en proceso llamado erosión.

Otra evidencia de la dinámica de la placas son los sismos.
En países como Chile o Japón al encontrarse en regiones en que las placas chocan, se presenta una alta actividad sísmica.



Línea de tiempo

1880-1930

El mundo se encuentra en medio de la Primera Guerra Mundial. En las universidades alemanas se fortalece una corriente intelectual nacionalista.

1900-1985

Bajo el gobierno de F. Roosevelt se logra la recuperación económica de Estados Unidos, después de la gran crisis económica del año 1929.

1888-1993

Hay un desarrollo de la agricultura danesa y de la industrialización. Dinamarca trató de mantenerse neutral durante la Segunda Guerra Mundial, pero fue ocupada por tropas alemanas.

Alfred Wegener, científico alemán, propone, en 1915, la teoría de la existencia de un único gran continente inicial, y la teoría de deriva continental.

En 1935, el sismólogo norteamericano Charles Richter plantea una escala de medición de magnitud de los sismos, asociandole un valor a la energía. La escala lleva su nombre.

En 1936, la sismóloga danesa Inge Lehmann determina que el núcleo interno es sólido y el externo es líquido. La discontinuidad entre estas capas lleva su nombre.

¿Cuánto avancé?

Regresa a las página 158, y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica.

Comprendo

Seleciona la alternativa correcta a cada pregunta.

1. Según el modelo estático, basado en la composición química, ¿cuáles son las capas de la geósfera?
   a. Litósfera, manto, núcleo.
   b. Corteza, mesósfera, núcleo.
   c. Corteza, manto, núcleo.
   d. Litósfera, astenósfera, mesósfera.
   e. Litósfera, mesósfera, núcleo.

2. Inicialmente en la Tierra había un único gran continente llamado Pangea, el cual se fracturó, formando los continentes que conocemos en la actualidad. ¿Cuál es la teoría que explica esto?
   a. Tectónica de placas.
   b. Estructura de capas.
   c. Deriva continental.
   d. Discontinuidad.
   e. Formación de continentes.

3. ¿Cuál de las siguientes estructuras de un volcán se encuentra a mayor profundidad?
   a. Cráter.
   b. Cámara magmática.
   c. Cono.
   d. Fisura.
   e. Chimenea.

4. ¿Cuál de las siguientes alternativas no es un agente directo de erosión?
   a. Radiación solar.
   b. Viento.
   c. Lluvia.
   d. Vegetación.
   e. Ríos.

Analizo

5. **El hombre nunca ha llegado directamente a las capas interiores de la Tierra. Pero ¿qué fenómenos permiten determinar su composición química?**

   a. Propagación de ondas superficiales.

   b. Desplazamiento de placas.

   c. Emanación de lava en los volcanes.

   d. Cambios en el paisaje de la Tierra.

   e. Ondas formadas en los maremotos.

6. **¿Cuál de los siguientes factores determina la magnitud de un sismo?**

   a. La energía liberada.

   b. El tipo de suelo.

   c. La distancia a la que se encuentra el epicentro.

   d. La percepción de las personas.

   e. El tipo de construcción del lugar.

7. **¿Cómo se explican el hecho de que Chile presente un gran número de volcanes?**

   a. Presenta gran actividad sísmica.

   b. Hay una mayor acumulación de energía que en otras regiones.

   c. Se encuentra en el límite entre dos placas.

   d. Se produce gran cantidad de maremotos.

   e. Son consecuencia de la erosión.

8. **¿Cuál es la mayor cadena de volcanes conocida en el mundo?**

   a. Cordillera de los Andes.

   b. Cordillera de la Costa.

   c. Cordillera del Himalaya.

   d. Archipiélagos.

   e. Dorsales oceánicas.

Aplico

9. **¿Cuál de las siguientes capas de la Tierra presenta una mayor densidad?**
   a. Corteza.
   b. Núcleo externo.
   c. Manto inferior.
   d. Núcleo interno.
   e. Manto superior.

10. **¿Cuál de las siguientes alternativas no es una manifestación de la energía liberada desde el interior de la Tierra?**
   a. Maremotos.
   b. Volcanes.
   c. Terremotos.
   d. Géiseres.
   e. Erosión.

11. **¿Por qué mientras mayor es la profundidad a la que se encuentra el hipocentro de un sismo, menor es la intensidad percibida?**
   a. El suelo es más rígido a mayor profundidad.
   b. La energía es absorbida en el camino.
   c. Se produce menor cantidad de ondas.
   d. Los sismógrafos no pueden detectar estos sismos.
   e. El epicentro se encuentra a mayor distancia.

12. **¿Por qué se dice que la estructura de la Tierra es un modelo dinámico?**
   a. Su geografía está en constante cambio.
   b. La composición de sus placas está cambiando constantemente.
   c. La erosión produce un cambio del paisaje.
   d. Se libera energía de manera continua.
   e. La materia se encuentra en diferentes estados.

Construcciones antisísmicas

Observación y planteamiento del problema

En nuestro país, constantemente estamos experimentando sismos, los cuales producen daños de infraestructura, entre otros.

Averigüen qué tipos de estructuras sufren mayores daños, y sus causas.

Luego, júntense en grupos de tres integrantes y planteen una hipótesis sobre cuáles características debe reunir una construcción para que experimente el menor daño posible ante un sismo.

Procedimiento

1. A partir de la hipótesis que plantearon, diseñen un experimento que les permita estudiar su validez.
2. Hagan una lista de materiales y planteen un diseño experimental.
3. Planteen los pasos a seguir: qué datos registrarán, cómo lo harán, si utilizarán tablas y/o gráficos para representar sus resultados.

Análisis

A partir de los resultados obtenidos y de sus análisis, respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Qué resultados obtuvieron?
b. ¿Qué cosas sucedieron que no esperaban?, ¿cómo las pueden explicar?
c. ¿Qué modificaciones podrían realizar al procedimiento para obtener mejores resultados?
d. ¿Qué conclusiones pueden extraer de la experiencia?
e. ¿Pudieron comprobar la hipótesis?

Unidad 1 El sonido

Página 10 Evaluación diagnóstica

1. D
2. El péndulo
3. **a.** 50 Hz; **b.** 2cm; **c.** 0,02 s, se llama período.
4. **a.** Movimiento que se repite regularmente en el tiempo.
   b. Tiempo que demora en completarse un ciclo.

Página 11 Evaluación diagnóstica

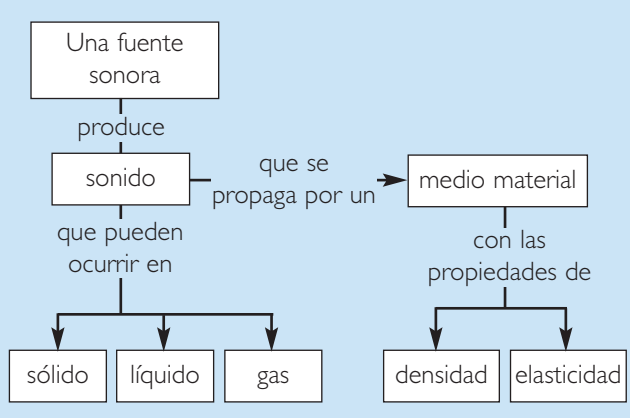
5. D
6. Hipótesis
7. **Descripción esperada:** medir, utilizando un cronómetro, el tiempo de varias oscilaciones; luego, determinar el tiempo de cada oscilación dividiendo el tiempo total por el número de oscilaciones. Finalmente, calcular la frecuencia como el recíproco del período.

Página 18 Ejemplo resuelto (pregunta final)

Si se considera el tiempo para percibir el eco igual a 0,1 s, la distancia mínima es de 74 m.

Página 20 Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

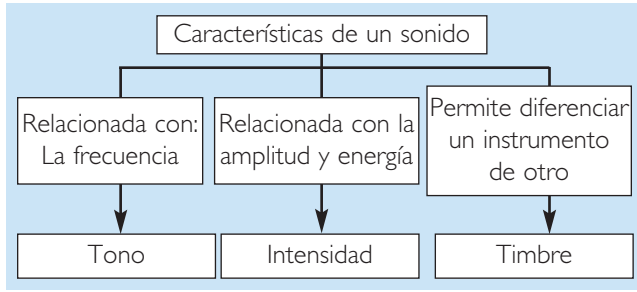
1. Se produce a partir de la vibración mecánica de un cuerpo.
2. Cuerdas: violín, piano; Láminas: bombo, bongo; Cavidades: flauta, zampoña
3. **Respuesta esperada:** la fuente sonora hace vibrar las moléculas del aire que se encuentran en su cercanía, esta vibración se transmite a otras moléculas de aire de forma secuenciada, similar a como se transmite una perturbación en un resorte.
4. Algunos medios materiales pueden ser: madera, agua y aire.
5. Algunos medios materiales pueden ser: concreto, madera, cartón.
6. En el aire demora 0,29s, en el agua demora 0,07s

Página 23 Actividad 6

1. Un millón de veces más intenso.
2. **a.** Aproximadamente entre 70 y 80 dB.
   b. Aproximadamente entre 90 y 100 dB.

Página 25 Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

1. Descripción propuesta: La vibración de la membrana del tambor hace vibrar las moléculas de aire en sus cercanías; estas, a su vez, transmiten dicha vibración a las moléculas contiguas, hasta que la vibración llega a las moléculas de aire cercanas al tímpano, transmitiendo la vibración a dicha membrana. A través de un proceso de transducción electromagnética, la vibración mecánica del tímpano es interpretada como sonido por el cerebro.
2. b

Página 27 Actividad 8

a. 240 veces; 1200 veces.

b. Realizando el siguiente cálculo matemático:

(N de vueltas del motor por segundo) • (número de perforaciones)=frecuencia en Hz

c. Agudo.

d. f = 480 Hz y T = 2,08 x 10^{-3} s.

Página 38 Síntesis

Completa las oraciones

a. Perturbación – un medio – energía.

b. Longitudinales – transversales.

c. Viajeras – estacionarias.

d. Frecuencia – velocidad.

Evaluación de proceso

1. Ondas viajeras: sonido de un parlante, luz de una vela; Onda estacionaria: cuerdas de una guitarra, ondas sonoras en una flauta.
2. T = 0,02 s; λ = 6,8 m
3. λ = 0,5 m; f = 0,33 Hz; v = 0,17 m/s; T = 3 s

Página 46 Evaluación final

Comprendo

1. Se escuchará cada vez menos ya que no habrá un medio que transmita el sonido.
2. Material absorbente.
3. Es debido a que el sonido llega hasta el interior de nuestros oídos a través de dos caminos separados : el aire y nuestra estructura interna.
4. c
5. b
6. c

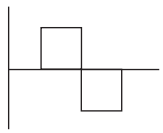
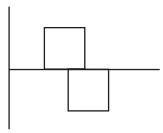
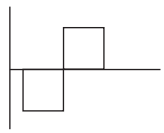
Página 47 Evaluación final

Analizo

1. **a.** 1 segundo en cada caso; **b.** La onda B; **c.** El período; **d.** No varía.
2. e
3. **a.** Sí ya que los pulsos son regulares en tiempo y espacio; **b.** Tiene el mismo tono; **c.** el superior; **d.** a la intensidad.
4. La longitud de onda es mayor si la fuente se aleja.

Página 48 Evaluación final

Aplico

1. 6,8 km
2. **Una posible hipótesis:** el sonido se propaga con mayor rapidez por el metal que por el aire.
3. e
4. a  b  c 

Unidad 2 La Luz

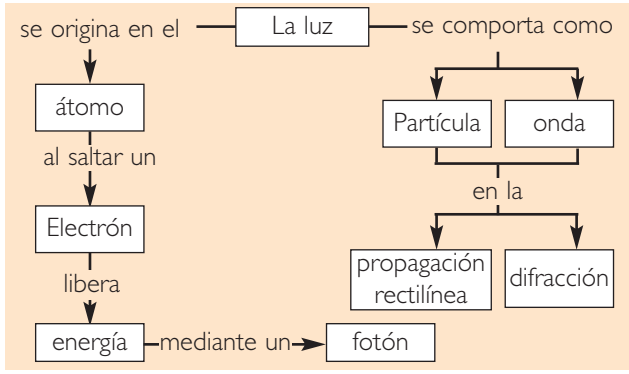
Página 52 Evaluación diagnóstica

1.
- **Electrón:** partícula subatómica con carga eléctrica negativa.
- **Protón:** partícula constituyente del núcleo atómico de carga eléctrica positiva.
- **Neutrón:** partícula constituyente del núcleo atómico sin carga eléctrica.

2. C
3. **Respuesta esperada:** cambia de dirección.
4. C
5. **Características de las ondas:** poseen amplitud, longitud y rapidez; pueden ser longitudinales o transversales, de naturaleza mecánica o electromagnética. Tienen las propiedades de reflexión, refracción e interferencia.
6. **Respuesta esperada:** se origina al interior de los átomos.
7. **Respuesta esperada:** tiene relación, ya que la luz cambia de dirección al pasar del aire al vidrio y también del aire al agua.
8. **Hipótesis posible:**
- las ondas se propagan como una emisión continua de partículas.

9. Podrían tener la categoría de hipótesis las ideas expuestas en puntos b y c de la pregunta, puesto que son factibles de ser puestas a prueba.
10. **Diferencia.** Un microscopio es un instrumento óptico que permite ver objetos pequeños, mientras que un telescopio objetos lejanos.
Semejanza. Un telescopio y un microscopio amplifican la imagen del objeto.

Página 60 Síntesis

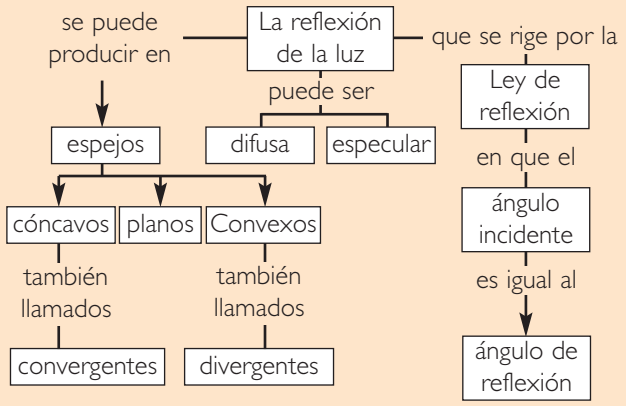


Evaluación de proceso

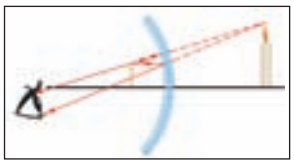
1. Propagación rectilínea, la sombra, la reflexión, efecto foto-eléctrico.
2. Difracción, interferencia, refracción
3. Porque la longitud de onda de la luz es muy pequeña.
4. El de Galileo Galilei
5. **a.** A y B **b.** B

Página 72 Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

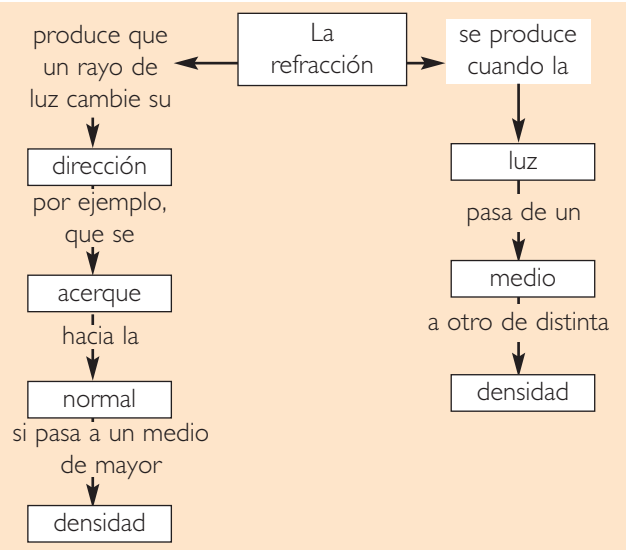
1. Son necesarios dos rayos.
2. Foco.
3.  Imagen virtual, mayor que el objeto y en posición normal.

Página 74 Actividad 8

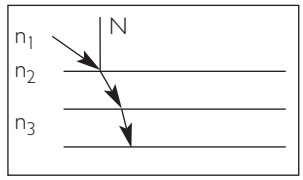
a. Disminuye. **b.** Diamante. **c.** Vacío-diamante.

Página 77 Síntesis

Esquema



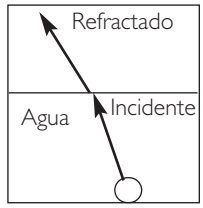
Evaluación de proceso

1. De menos denso a más denso, se acerca a la normal y al contrario se aleja.
2. La mitad de su valor en el vacío.
3. 

4. Los rayos se curvarían hacia el piso generando espejismo en el techo.

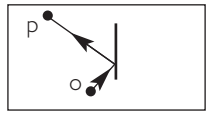
Página 86 Evaluación final

Comprendo

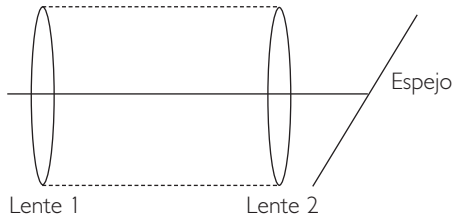
1. **Teoría corpuscular** (argumentos a favor): la trayectoria de los corpúsculos es rectilínea; se produce sombra al interponerse un obstáculo en la trayectoria de los corpúsculos. Argumentos en contra: un cuerpo que emite luz no pierde masa; algunos corpúsculos se reflejan y otros se refractan. **Teoría ondulatoria** (argumentos a favor): la masa de los cuerpos que emiten luz no disminuye, la luz se refracta. Argumentos en contra: la luz se propaga por el vacío.
2. A través del método ideado por Galileo, solo se podía medir el tiempo de reacción de una persona ante un estímulo y no la velocidad de la luz.
3. n = 1,7
4. d
5. d
6. Imagen virtual, más pequeña y derecha.
7. 

Página 87 Evaluación final

Analizo

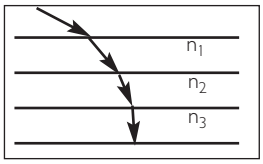
1. 

2. e **3.** a **4.** n1
5. El objeto debe estar ubicado entre el foco y el espejo.
6. Se formaría dos imágenes (una para cada lente) reales e invertidas.
7. Un posible sistema:



Página 88 Evaluación final

Aplico

1. La formación de la sombra, las imágenes en espejos y en lentes.
2. Hacer pasar la luz por una rendija muy delgada. Este fenómeno no es observable en forma cotidiana, debido a que la longitud de onda de la luz es muy pequeña.
3. 

4. Imágenes resultantes:
   a. Imagen real, invertida y más pequeña que el objeto.
   b. Imagen real, invertida y más grande que el objeto.
   c. Imagen real, invertida y del mismo tamaño del objeto.
   d. Imagen virtual, derecha y más pequeña que el objeto.
5. Imágenes resultantes:
   a. Imagen virtual y amplificada.
   b. Imagen virtual y reducida.
   c. No se forma imagen.
   d. Imagen virtual y reducida.

Unidad 3

Espectro óptico y auditivo

Página 92. Evaluación diagnóstica

1. C
2. Si se considera la teoría corpuscular. Depende de la emisión de fotones.
   Si se considera la teoría ondulatoria. Depende de la frecuencia.
3. Cáncer a la piel, daños a los ojos.
4. A la frecuencia
5. Sí.
6. Respuesta esperada: a través de ondas electromagnéticas.

Página 93. Evaluación diagnóstica

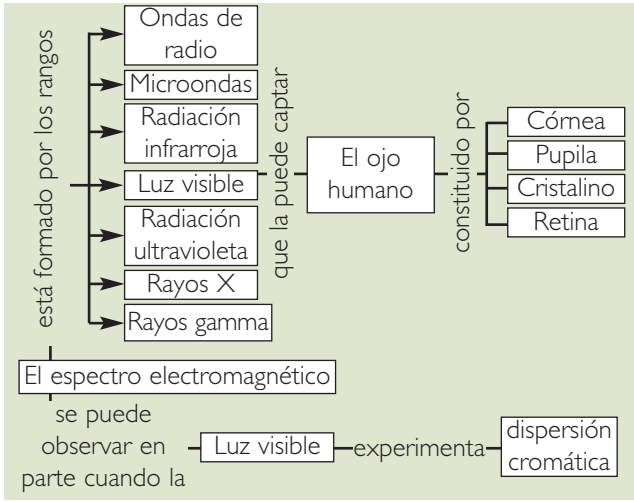
7. **Respuesta esperada:**

- físicamente la intensidad no varía, pero la percepción auditiva asocia los sonidos agudos con sonidos menos intensos.
- el sonido agudo se atenúa antes que el grave y por tanto llega con menor intensidad al observador.
- al ser cada vez más agudo el sonido, llegaría un momento que escaparía del rango de audición.

8. B
9. Se puede estimar la distancia al muro considerando la velocidad de la pelota y el tiempo que esta demore en ir y volver.
10. El sentido de la audición solo capta un rango limitado de frecuencias que van desde los 20 Hz hasta 20 KHz.

Página 103. Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

1. Utilizando diferentes cuerpos transparentes, los que actúen como prismas.
2. Los colores constituyentes de la luz blanca se refractan en ángulos distintos, debido a sus diferentes longitudes de onda.

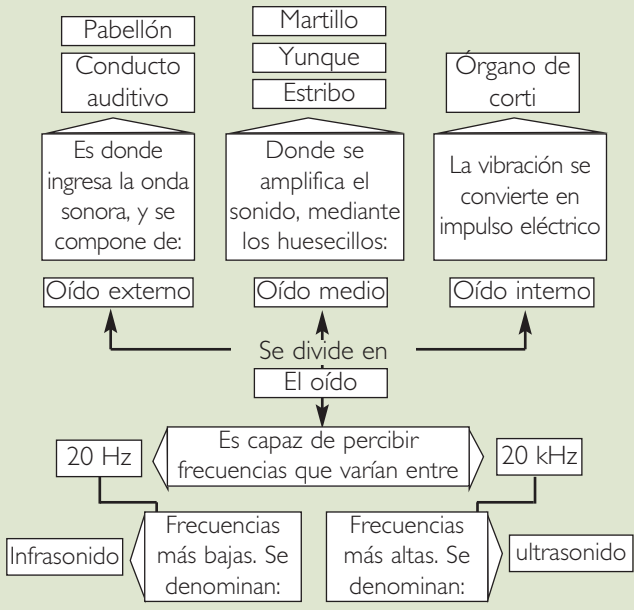
3. Las ondas de radio, microondas y radiación infrarroja no presentan efectos adversos para los seres vivos siempre y cuando su intensidad sea moderada. A través de la radiación infrarroja los seres vivos reciben el calor proveniente del Sol. Las radiación ultravioleta en dosis moderadas, permite la regeneración de tejidos cutáneos, en dosis mayores puede ocasionar cáncer a la piel. Por su alta energía, la exposición de los seres vivos a los rayos X y gamma puede producir daños irreparables.
4. La frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales.
5. La pupila regula el paso de la luz y el cristalino permite enfocar objetos.
6. Cornea: lente mono convexo y convergente.
   Cristalino: lente biconvexa y convergente.

Página 109. Actividad 6

a. Perro.
b. Polilla, debido a que la longitud de onda que puede captar es menor.

Página 113. Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

2. **Aplicaciones del infrasonido:** detectar objetos de gran tamaño y posibles aplicaciones en la anticipación de catástrofes naturales. **Aplicaciones de ultrasonido:** el ecógrafo.

Página 116. Evaluación final

Comprendo

1. • La radiaciones ultravioleta pueden atravesar las nubes.
   • El filtro solar protege de la exposición de ciertas radiaciones, mientras que el bronceador posibilita que la piel adquiera una tonalidad morena, no protegiéndola de las radiaciones.
2. d
3. Es un lente biconvexa que puede cambiar su curvatura y por lo tanto, su distancia focal.
4. c
5. El infrasonido puede ser empleado en la detección de objetos de gran tamaño, mientras que el ultrasonido en la detección de objetos pequeños.
6. Permiten convertir en imágenes las señales ultrasónicas.
8. d

Página 117. Evaluación final

Analizo

1. e.
2. Tanto el ojo humano como una cámara fotográfica enfocan la luz a través de lentes convergentes y producen una imagen real invertida.
3. Tanto un micrófono como el oído humano son transductores electromagnéticos. La diferencia es que la función del micrófono es amplificar una señal, mientras que la función del oído es transformar una vibración mecánica en una señal electromagnética, para poder ser interpretada cognitivamente como sonido.
4. **a.** Ir perdiendo la capacidad auditiva de forma irreversible.
   b. 85 dB **c.** 2 ó 3 horas

Página 118. Evaluación final

Aplico

1. a

Rango	Frecuencia (Hz)	Longitud de onda	Energía (J)
Ondas de radio	$1\times10^{5} - 1\times10^{10}$	3 km – 3 cm	$6{,}6\times10^{-29} - 6{,}6\times10^{-24}$
Microondas	$1\times10^{10} - 3\times10^{11}$	3cm – 1mm	$6{,}6\times10^{-24} - 2\times10^{-22}$
Radiación infrarroja	$3\times10^{11} - 3{,}8\times10^{14}$	1 mm – 780 nm	$2\times10^{-22} - 2{,}5\times10^{-19}$
Luz visible	$3{,}8\times10^{14} - 7{,}5\times10^{14}$	780 nm – 400 nm	$2{,}5\times10^{-19} - 4{,}9\times10^{-19}$
Radiación ultravioleta	$7{,}5\times10^{14} - 3\times10^{16}$	400 nm – 10 nm	$4{,}9\times10^{-19} - 2\times10^{-17}$
Rayos X	$3\times10^{16} - 3\times10^{19}$	10 nm – 1 pm	$2\times10^{-17} - 2\times10^{-14}$
Rayos gamma	mayor de 3×10^{19}	menos de 1 pm	mayor de 2×10^{-14}

2.
d. la energía y la frecuencia **e.** la frecuencia y la longitud de onda **f.** rayos gamma

Unidad 4

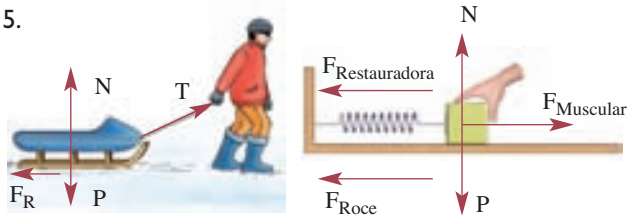
Fuerza y movimiento

Página 122. Evaluación diagnóstica

1. Variables relacionadas B, C y D
2. D
3. 1 con C, 2 con D, 3 con A, 4 con E, 5 con B.
4. **a. Respuesta esperada:** la acción de una fuerza neta distinta de cero.
   b. Respuesta esperada: el desplazamiento realizado en un intervalo de tiempo.

Página 123. Evaluación diagnóstica

5.



6. D **7.** C

Página 126. Actividad 1

a. El almacén.
b. (300 m norte, 200 m oeste, 16.8 m altura).
c. Entrega la coordenada temporal necesaria para encontrarse.

Página 127. Actividad 2

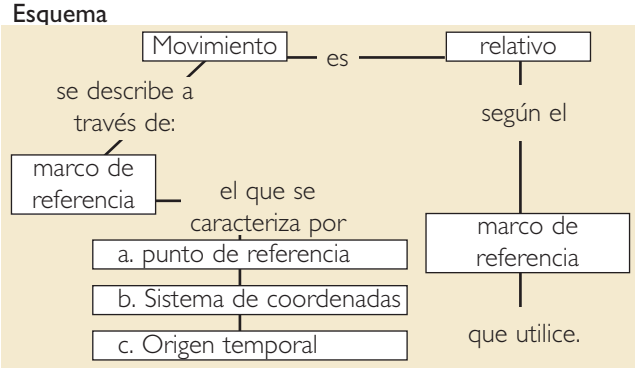
a. (0 , 6 m , 0)
b. (0, -6 m , 0)
c. Respecto de O: en t_0 (3 m, 10 m, 4 m); en t_1(7 m, 10 m, 7 m). Respecto de O`: en t_0 (3 m, 4 m, 4 m); en t_1(7 m, 4 m, 7 m).
d. Por que la posición relativa del ave respecto de cada uno de los observadores cambió en el tiempo.

Página 131 Para trabajar

a. (29 m , 0 , 0)
b. (29 m , 0 , 10 m)

Página 132. Síntesis

Esquema



Evaluación de proceso

1. (8 cm, 0, 0)
2. No existe el reposo absoluto, ya que cualquier sistema puede estar en reposo o movimiento dependiendo del marco de referencia.
3. En mecánica, un sistema inercial es aquel que se mueve con velocidad constante y en el cual las leyes de Newton se cumplen.

Página 139. Síntesis

$V_{ob} = v+v'$ $V_{ob} = v-v'$

Evaluación de proceso

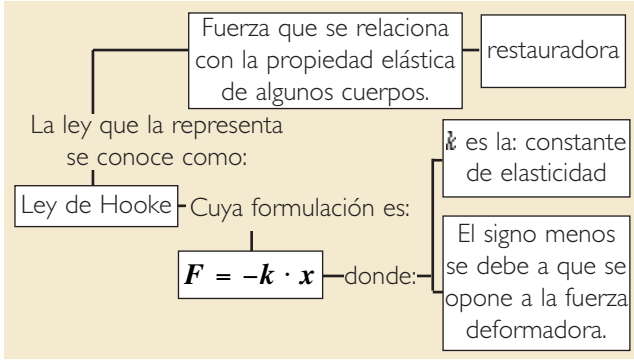
1. 5 km/h **2.** 3 m/s

Página 147 Para trabajar

a. 0,4 N/cm b. 3 N c. 12,5 cm

Página 149. Síntesis

Esquema


Fuerza que se relaciona con la propiedad elástica de algunos cuerpos.
restauradora
La ley que la representa se conoce como:
Ley de Hooke
Cuya formulación es:
$F = -k \cdot x$
donde:
k es la: constante de elasticidad
El signo menos se debe a que se opone a la fuerza deformadora.

Evaluación de proceso

1. k = 1,45 N/cm **2.** 3,9 cm.

Página 152. Evaluación final

Comprendo

1. e. **2.** d. **3.** d. **4.** d.

Página 153. Evaluación final

Analizo

1. a. **2.** d. **3.** b. **4.** d.

Página 154. Evaluación final

Aplico

1. c. **2.** d. **3.** b.

Unidad 5 Dinámica de la tierra

Página 158. Evaluación diagnóstica

1. Ordenar las capas de la Tierra
   - **a.** Núcleo
   - **b.** Manto
   - **c.** Corteza
   - **d.** Atmósfera
2. Indicar el tipo de roca
   - **a.** Sedimentaria **b.** Ígnea **c.** Metamórfica
3. a, b, d y f

Página 159. Evaluación diagnóstica

4. **a.** F **b.** V **c.** F **d.** V **e.** V **f.** F
5. **a.** En el aire la emanación de gases procedentes de los automóviles y principalmente las industrias. En los suelos y aguas la eliminación de desechos tóxicos.
   - **b.** La emisión de calor por parte del Sol. La capa de ozono que nos protege de la radiación ultravioleta. La atmósfera de la cual obtenemos el oxígeno. El agua, principal fuente de vida. La estructura de la Tierra, una corteza sólida.
   - **c.** Actividad volcánica, tormentas, tifones, tornados, sismos, maremotos.
   - **d.** La acción de los elementos erosivos: viento, lluvia, ríos, glaciares, mar. El movimiento de las placas tectónicas y las consecuencias de dicho movimiento (sismos, tsunamis, maremotos y volcanes).
   - **e.** La temperatura aumenta con el aumento de la profundidad.

Página 168. Síntesis

Esquema

Los conceptos que completan correctamente el esquema de arriba hacia abajo son:

- 4600 millones de años.
- Acreción homogénea y acreción heterogénea.

Recuadro izquierdo.

- Corteza.
- Manto superior e inferior.
- Núcleo externo e interno.

Recuadro derecho.

- Litósfera.
- Astenósfera.
- Mesósfera.
- Núcleo.
- Pangea.
- Laurasia y Godwana.
- Deriva continental.
- La tectónica de placas.
- Energía.
- Convergentes, divergentes o transformante.

Evaluación de proceso

1.
- La acreción homogénea: los materiales que conforman la Tierra se ubicaron según su densidad (al interior los más densos y al exterior los menos densos).
- La acreción heterogénea: primero se formó el núcleo, el que por su mayor densidad atrajo a los otros elementos.

2.
- Modelo estático: corteza, manto, núcleo.
- Modelo dinámico: litósfera, astenósfera, mesosfera, núcleo.

3. La Teoría postula que los continentes estuvieron unidos en una sola gran extensión de tierra llamada Pangea; esta se fracturó y comenzó a desplazarse, formando los continentes como los conocemos en la actualidad. Las evidencias en las que se apoya esta teoría son múltiples: geológicas, fósiles y de placas.

Página 181. Síntesis

Esquema

Los conceptos que completan correctamente el esquema de arriba hacia abajo son:

- Placas.
- Hipocentro.
- Epicentro.

Recuadro izquierdo.

- Energía.
- Richter.
- Sismógrafos.
- Efectos.
- Mercalli.

Recuadro derecho.

- P y S.
- R y L.
- Tsunamis y cambios en la geografía.

Recuadro inferior.
- Mantener la calma.
- Apartarse de las ventanas
- Dirigirse a un sitio seguro del lugar donde uno se encuentre.

Página 181. Evaluación de proceso

1. Se utilizan los efectos o daños.
2.
- **Ondas P:** se propagan como una onda longitudinal en medios sólidos y líquidos, a gran velocidad.
- **Ondas S:** se propagan como ondas transversales y producen una ruptura del material por el cual se propagan.
- **Ondas R:** su movimiento es elíptico y su rapidez de propagación es menor a las ondas S y P.
- **Ondas L:** se propagan de forma perpendicular a la expansión de la energía.

3. Se produce debido a que el epicentro de un terremoto se encuentra en regiones marinas.
4. Efectos: maremotos y tsunamis, cambios en la geografía (fallas).

Página 188. Síntesis

Esquema

Los conceptos que completan correctamente el esquema de arriba hacia abajo son:
- Lava.
- Energía.

Recuadro izquierdo.
- Puntuales y fisurales.
- Rocas, cenizas y lava.
- Sismos, contaminación y renovación de suelos.

Recuadro derecho.
- Cámara magmática.
- Chimenea.
- Cono.
- Cráter.

Página 188. Evaluación de proceso

1. El origen de los volcanes es debido al ascenso de magma en las regiones donde se encuentran las placas.
2. Por estar situado sobre la unión de dos placas; la Sudamericana y la de Nazca.
3. Sismos, emanaciones de lava y contaminación debido a la emanación de gases tóxicos y cenizas.
4. Un volcán consta de una cámara magmática, el cono, la chimenea y el cráter.

Página 192. Síntesis

Esquema

Los conceptos que completan correctamente el esquema de arriba hacia abajo son:
- Cambio.
- Agentes.
- Naturaleza.

Recuadro izquierdo.
- El agua y el viento.
- Acumulación.
- La formación de dunas.

Recuadro derecho.
- Erosión fluvial.
- Erosión eólica.
- Erosión marina.
- Erosión biológica.

Página 192. Evaluación de proceso

1. Las distintas formas de erosión a lo largo del tiempo generan cambios y renovación del paisaje.
2. El avance de los desiertos y la consiguiente deforestación y pérdida de tierras cultivables.
3. La erosión eólica.
   Su avance puede detenerse forestando las regiones contiguas a los desiertos.

Página 196. Evaluación final

Página 196. Comprendo

1. C
2. C
3. B
4. A

Página 197. Analizo

5. C
6. A
7. C
8. E

Página 198. Aplico

9. D
10. E
11. B
12. A

Bibliografía

- Alonso, Marcelo; Finn, E. J., *Física I, II, III,* Ed. Addison - Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1995.
- Alvarenga, Beatriz; Máximo, Antonio, *Física general*, Ed. Oxford University, México, 1998.
- Halliday, D.; Resnick, R., *Física I y II*, Ed Continental, México, DF, 1995.
- Hewitt, Paul G., *Física conceptual*, Ed. Addison – Wesley – Longman, México, 1998.
- Sears, Zemansky; Young and Freedman, *Física Universitaria I y II*, Addison – Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1998.
- Serway, Raymond, *Física I y II*, Ed. Mc Graw – Hill, México, 1997.
- Serway, R; Faughn, J, *Física para ciencias e ingeniería*, Ed. Thomson, México, 2006.
- Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D. *Ciencias de la Tierra*, Ed. Pearson Educación S.A., Madrid, 2005.
- Tipler, P.A., *Física*, Ed. Revertè, Barcelona, 1996.

Nuestros agradecimientos a:

La escuadrilla de alta acrobacia "Los Halcones" de la Fuerza Aérea de Chile
por el material fotográfico facilitado para la página 120.

Marco Olivares Rubilar
Doctor en Física (c), Universidad de Santiago de Chile, por sus aportes y revisión del texto.

Santillana

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

AÑO 2011